

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ О.В. Гондляр

«__» _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

**на тему: «Екструзійна машина для виготовлення пакувань з
модернізацією екструзійної головки»**

Виконав:

студент 2 курсу, групи ЛУ-71мп

Чайка Артем Русланович _____

Керівник:

ст. викладач Борщик Сергій Олександрович _____

Консультант з розділу модернізація:

доц. каф. ХПСМ, д.т.н. Щербина В.Ю. _____

Консультант з розділу технологія монтажу та експлуатації:

ст.викл. каф. ХПСМ Борщик С.О. _____

Консультант з розділу механотроніка:

доц. каф. гідравліки і механотроніки, к.т.н. Левченко О.В. _____

Рецензент: _____

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

Київ – 2018 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 131 – Прикладна механіка

Спеціалізація – Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання пакування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

 О.В.Гондлях

«__» _____ 2018 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту

Чайка Артем Русланович

1. Тема дисертації «Екструзійна машина для виготовлення пакувань з модернізацією екструзійної головки», науковий керівник дисертації ст. викл. Борщик С.О. , затверджені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. № _____
2. Термін подання студентом дисертації _____
3. Об'єкт дослідження: екструзійна машина
4. Вихідні дані: зовнішній діаметр черв'яка $D=90 \cdot 10^{-3}$ м, крок нарізки витків черв'яка $H=90 \cdot 10^{-3}$ м, відношення довжини черв'яка до діаметра $L/D=30$, висота витків черв'яка в зоні дозування $h_d=5,3 \cdot 10^{-3}$ м, висота витків черв'яка в зоні завантаження $h_z=16 \cdot 10^{-3}$ м, довжина черв'яка в зоні дозування $l_d=10D$, довжина черв'яка в зоні стиснення $l_c=13D$, довжина черв'яка в зоні розплавлення $l_p=15D$, висота витків в зоні розплавлення $h_p=9,4 \cdot 10^{-3}$ м, ширина витків черв'яка $e=10 \cdot 10^{-3}$ м, зазор між гребнями витків черв'яка і циліндром $\delta=0,25 \cdot 10^{-3}$ м, видкість обертання черв'яка $n=80$ об/хв, протитиск формуючої головки $P_r=43,6$ МПа, температура розплаву в кінці зони дозування $T_{д.к.}=210^{\circ}\text{C}$, температура розплаву на початку зони дозування $T_{д.н.}=154^{\circ}\text{C}$,

температура розплаву на початку зони розплаву $T_p=120^0\text{C}$, питома вага перероблюваного матеріалу $\gamma=780 \text{ кг/м}^3$

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: Пояснювальна записка містить текстові частини: «Пояснювальна записка», «Розрахунки», «Технологія монтажу та експлуатації» та «Механотроніка». ПЗ включає такі розділи: «Зміст», «Вступ», «Призначення та галузь застосування лінії», «Технічні характеристики базової машини», «Опис базової конструкції, її основних частин та принципу дії», «Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації», «Охорона праці та навколишнього середовища», «Розробка стартап-проекту», «Висновки», «Перелік посилань».

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Лист 1. Екструзійна машина. А1

Лист 2. Екструзійна головка. А1

Лист 3. Чер'як. А1

Лист 4. Екструзійна головка (модернізація). А1

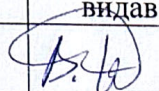
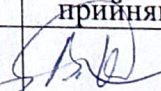
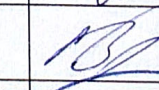
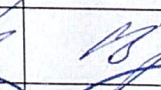
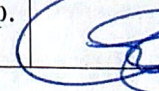
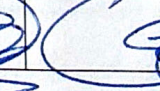
Лист 5. Чер'як (модернізація). А1

Лист 6. Автоматизація екструзійної машини. Механотроніка. А1

Лист 7. Розрахунок на міцність гільзи ВЕСНА. А1

7. Орієнтовний перелік публікацій: тези на VIII Всеукраїнську науково-практичну конференцію «Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки» (13-14 грудня 2018р.)

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Модернізація	Щербина В.Ю., доцент каф. ХПСМ		
Технологія монтажу та експлуатації	Борщик С.О., ст. викл. каф. ХПСМ		
Механотроніка	Левченко О.В., доцент каф. гідравліки і механотроніки		

9. Дата видачі завдання: 31.08.2018

РЕФЕРАТ

Розроблено магістерську дисертацію на тему «Екструзійна машина для виготовлення пакувань з модернізацією екструзійної головки».

Метою дисертації є модернізація екструзійної головки та черв'яка в екструзійній машині. Магістерська дисертація вміщує «Пояснювальну записку», що складається з 3 розділів. Загальний обсяг магістерської дисертації становить: __ с., __ рис., __ табл., __ джерел та __ креслень.

Дисертація містить призначення та галузь застосування екструзійної машини для виготовлення поліетиленового рукава.

У роботі надані технічні характеристики, розглянуто базову конструкцію і принцип дії екструзійної машини, виконані параметричні, кінематичні та розрахунки на міцність, які підтверджують працездатність та надійність конструкції машини.

В дисертації було зроблено літературно-патентний пошук конструкції екструзійної машини з метою обрання варіанту модернізації головки та черв'яка. Модернізація головки виконана шляхом заміни базової головки, на кільцеву екструзійну головку, в якій збільшений діаметр радіальних отворів, що зменшує гідравлічний опір течії розплаву у радіальних каналах, що зменшує гідравлічний опір всієї її головки. Модернізація черв'яка полягає у тому, що на гребені нарізки у зоні дозування виконані поперечні пази, скошені у бік хвостовика вала, які дозволяють зменшити потік витoku крізь зазначений зазор, а отже підвищує продуктивність екструдера.

Також у магістерській дисертації розглянуто відповідність розроблюваної машини вимогам охорони праці, виконано розділи технології монтажу.

Ключові слова: ЕКСТРУЗІЙНА МАШИНА, МОДЕРНІЗАЦІЯ, РОЗРАХУНКИ, ПОЛІЕТИЛЕН, ЕКСТРУЗІЙНА ГОЛОВКА, ЧЕРВ'ЯК, РЕДУКТОР, МЕХАНОТРОНІКА, ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ І ЕКСПЛУАТАЦІЇ.

ABSTRACT

A master's thesis on the topic "Extrusion Machine for Packaging Production with Extrusion Head Modernization" was developed.

The purpose of the dissertation is to modernize the extrusion head and worm in an extrusion machine. The master's dissertation contains the "Explanatory note", which consists of 3 sections. The total volume of the master's dissertation is: __ p., __ rice, __ tables, __ sources and __ drawings.

The dissertation contains the purpose and scope of the use of an extrusion machine for the production of a polyethylene sleeve.

The work provides technical characteristics, examines the basic structure and principle of the extrusion machine, performs parametric, kinematic and strength calculations, which prove the efficiency and reliability of the machine design.

In the dissertation was made a literary-patent search of the design of an extrusion machine in order to choose a version of head and worm modernization. The modernization of the head is done by replacing the base head with the annular extrusion head, in which the diameter of the radial holes is increased, which reduces the hydraulic resistance of the melt flow in the radial channels, which reduces the hydraulic resistance of the entire head. The worm's modernization consists in the fact that the transverse grooves slanted to the shaft shank are made on the cutting ridges in the dosing zone, which allow to reduce the leakage flow through the specified gap, and therefore increases the productivity of the extruder.

Also in the master's thesis the conformity of the machine to the requirements of labor protection is considered, sections of the installation technology are executed.

Keywords: EXTRUSION MACHINE, MODERNIZATION, CALCULATIONS, POLYETHYLENE, EXTRUSION HEAD, CHERVYAK, REDUCTOR, MECHANOTRONICS, MECHANICAL INSTALLATION AND OPERATION TECHNOLOGY.

РЕФЕРАТ

Разработана магистерская диссертация на тему «Экструзионная машина для изготовления упаковки с модернизацией экструзионной головки».

Целью диссертации является модернизация экструзионной головки и черв'яка в экструзионной машине. Магистерская диссертация содержит «пояснительную записку», состоящий из 3 разделов. Общий объем магистерской диссертации составляет: __ с., __ рис., __ табл., __ источников и __ чертежей.

Диссертация содержит назначение и область применения экструзионной машины для изготовления полиэтиленового рукава.

В работе представлены технические характеристики, рассмотрены базовую конструкцию и принцип действия экструзионной машины, выполненные параметрические, кинематические расчеты и расчет на прочность, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции машины.

В диссертации было сделано литературно-патентный поиск конструкции экструзионной машины с целью выбора варианта модернизации головки и черв'яка. Модернизация головки выполнена путем замены базовой головки, на кольцевую экструзионную головку, в которой увеличен диаметр радиальных отверстий, что уменьшает гидравлическое сопротивление течения расплава в радиальных каналах, уменьшает гидравлическое сопротивление всей головки. Модернизация черв'яка состоит в том, что на гребне нарезки в зоне дозирования выполнены поперечные пазы, скошенные в сторону хвостовика вала, которые позволяют уменьшить поток утечки через указанный зазор, а следовательно повышает производительность экструдера.

Также в магистерской диссертации рассмотрено соответствие разрабатываемой машины требованиям охраны труда, выполнено разделы технологии монтажа.

Ключевые слова: ЭКСТРУЗИЦИОННАЯ МАШИНА, МОДЕРНИЗАЦИЯ, РАСЧЕТЫ, ПОЛИЭТИЛЕН, ЭКСТРУЗИЦИОННАЯ ГОЛОВКА, ЧЕРВ'ЯК, РЕДУКТОР, МЕХАНОТРОНИКА, ТЕХНОЛОГИИ МОНТАЖА И ЭКСПЛУАТАЦИИ.

ЗМІСТ

Вступ.....	
1 Технічні характеристики екструдера.....	
2 Опис конструкції і принципу дії екструдера.....	
3 Патентно-літературний огляд.....	
3. 1 Вибір та обґрунтування запропонованої модернізації.....	
4 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	
4.1 Характеристика виробничих шкідливостей і небезпек.....	
4.2 Повітря робочої зони.....	
4.3 Небезпека впливу елементів устаткування, нагрітих до високих температур.....	
4.4 Виробничий шум.....	
4.5 Пожежна безпека.....	
4.6 Небезпека враження електро струмом.....	
4.7 Інструкція з техніки безпеки.....	
5 Розроблення стартап проекту.....	
5.1. Опис ідеї проекту.....	
5.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	
5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	
5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту.....	
5.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	
5.6 Висновки.....	
6 Механотроніка.....	
6.1 Опис роботи машини.....	
6.2 Опис функціональних модулів.....	
6.3 Розробка логіки.....	
6.4 Таблиця використаного обладнання.....	
6.5 Висновки.....	
Перелік посилань.....	

					<i>ЛУ71Мп.075161.005-90ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<div>Екструзійна машина з модернізацією екструзійної головки</div> <div>КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ</div>		
Розроб.	Чайка А.Р.						
Перевір.	Борщик О.С.						
Н. Контр.							
Затв.	Гондляр О.В.						
					Літ.	Арк.	Аркушів
						1	

Вступ

Виготовлення пакувань відбувається згідно з технологією вулканізації у розплаві солей. Лінія для виготовлення полімерних пакувань пристосована для переробки каучукових сумішей з різною еластомірною базою, що вулканізуються пероксидом та сіркою. Каучукові суміші мають бути вибрані згідно екструзійному процесу.

Особливості застосування поліетиленових рукавів

Найбільше застосування у промисловості поліетиленові рукава отримали у виробничій сфері для упаковки різної продукції і вантажоперевезеннях, де її використовують як пакувальний матеріал. Крім цього, рукава з поліетилену застосовуються у сільському господарстві для монтажу теплиць та овочесховищ. Також, варто відзначити, що поліетиленові рукава застосовуються і в будівництві.

Поліетилен — це специфічний полімер етилен, що володіє термопластичними властивостями. Виготовляють поліетиленові рукава для упаковки з сировини з низькою питомою міцністю. Найбільшими перевагами цього матеріалу є стійкість до вологи та механічних пошкоджень, а також легкий спосіб виробництва. Більша частина рукава виготовляється у вигляді рулону. Це значно полегшує подальшу експлуатацію. Надійні та міцні поліетиленові рукава виробляють шляхом екструзії з поліетилену високого та низького тиску, також застосовуються різні добавки для зміни фізичних і хімічних властивостей плівки.

Вид рукавів з поліетилену:

- Рукав поліетиленовий з плівки низького тиску (ПНТ або ПЕВП). Має більш високу щільність, використовується у випадках, коли найбільш високою вимогою є міцність. На дотик він більш жорсткий, а відмінною рисою рукава низького тиску є його матовість.

- Рукав поліетиленовий з плівки високого тиску (ПНД або ПВД). Має більш низьку щільність. Такий рукав використовується, коли більш важливою вимогою є зовнішній вигляд плівки.
- Поліетиленовий рукав в поліетилену середнього тиску виготовляється з суміші сировини високої якості і поєднує в собі характеристики обох цих матеріалів.

1 Технічні характеристики екструдера

Зовнішній діаметр черв'яка	$D=90\cdot 10^{-3}$ м
Крок нарізки витків черв'яка	$H=90\cdot 10^{-3}$ м
Відношення довжини черв'яка до діаметра	$L/D=30$
Висота витків черв'яка в зоні дозування	$h_d=5,3\cdot 10^{-3}$ м
Висота витків черв'яка в зоні завантаження	$h_3=16\cdot 10^{-3}$ м
Довжина черв'яка в зоні дозування	$l_d=10D$
Довжина черв'яка в зоні стиснення	$l_d=13D$
Довжина черв'яка в зоні розплавлення	$l_p=15D$
Висота витків в зоні розплавлення	$h_p=9,4\cdot 10^{-3}$ м
Ширина витків черв'яка	$e=10\cdot 10^{-3}$ м
Зазор між гребнями витків черв'яка і циліндром	$\delta=0,25\cdot 10^{-3}$ м
Швидкість обертання черв'яка	$n=80$ об/хв
Протитиск формуючої головки	$P_r=43,6$ МПа
Температура розплаву в кінці зони дозування	$T_{д.к.}=210^0\text{C}$
Температура розплаву на початку зони дозування	$T_{д.н.}=154^0\text{C}$
Температура розплаву на початку зони розплаву	$T_p=120^0\text{C}$
Питома вага перероблюваного матеріалу	$\gamma=780$ кг/м ³

2 Опис конструкції і принципу дії екструдера

Принцип роботи складається з декількох етапів. Перший етап - сировина потрапляє в шнек, потім поступово просувається до головки екструдера, де починає плавитися. Відбувається видув рукава, який проходить через охолоджуючі вали і скручується в рулон. Залежно від виробництва може використовуватися як первинне, так і вторинне сировину. Розглядається вакуумний екструдер холодного живлення типу ЕЕК 90.21V (рис.1) [2] . Він складається з наступних основних вузлів:

1. Операційна панель
2. Екструзійний блок 21*D
3. Блок привода
4. Основа машини
5. Термостатування
6. Кріплення головки
7. Екструзійна головка

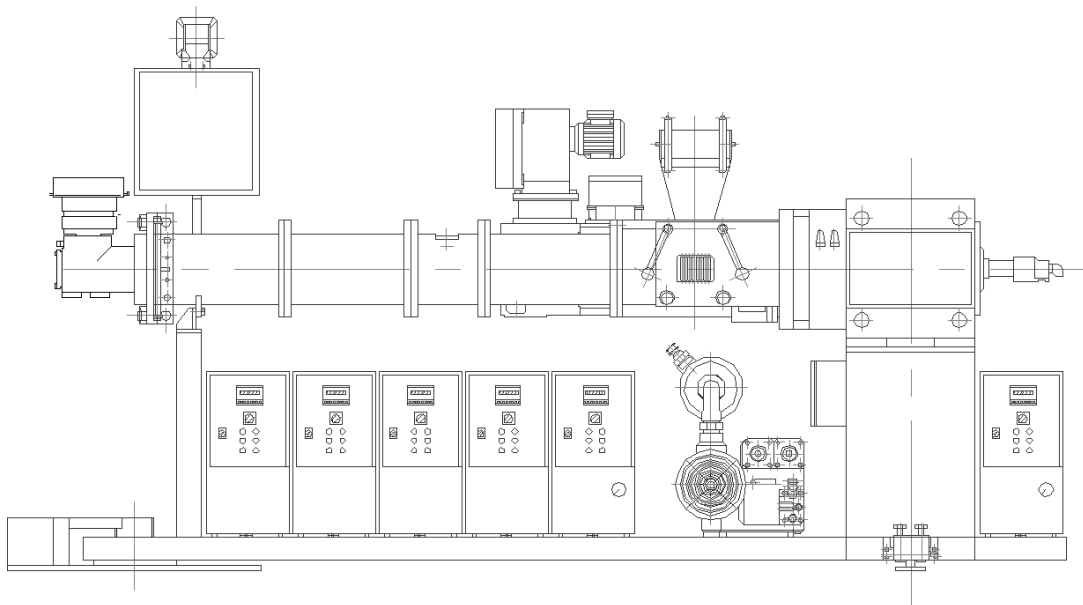


Рис.1. Головні вузли екструдера

Привід екструдера здійснюється тиристорнокерованим мотором постійного струму через редуктор з постійним передаточним відношенням. Редуктор оснащений зубчастими колесами. Для сприймання зворотнього тиску шнеку призначено аксіальний самовстановлюючийся роликopідшипник. Число обертів може безступінчасто змінюватись при незмінному крутному моменті. Мотор є фланцевим та з'єднується з редуктором за допомогою ІЕС-з'єднання. Весь вузол змонтовано на зварній основі.

Екструзійний блок складається з наступних компонентів:

1. Блок завантаження з подаючим відкидним валком
2. Проміжний циліндр 1
3. Дегазуючий циліндр
4. Проміжний циліндр 2
5. Передній циліндр з кріпленням головки, кріпильним фланцем
6. Шнек

Блок завантаження складається з литого сталевого циліндра з вмонтованою азотованою втулкою [3]. Подаючий валок відкидний для полегшення тех. обслуговування та настройки скребка. Ефективність затягування в завантажувальній зоні підвищується втулкою спеціальної конструкції. Проріз затягування над подаючим валком має зазор 120*120 мм.

Подаючий валок, як і увесь блок завантаження, охолоджується. Він закріплений в одному роликовому та двох голчатих підшипниках та спирається торцевими поверхнями на опірні кільця – по одному зправа та зліва. Ролик та ліве опірне кільце аксіально підстроюються, так що можна встановити зазор 0,1-0,15мм

Нижня сторона завантажувального отвору запирається регулюємим скребком, відстань від якого до подаючого ролика має бути налаштована у межах 0,1-0,15 мм. Необхідно уникати безпосереднього контакту названих швидкозношуваних деталей, особливо скребка, з подаючим роликом, так як

тертя викликає виділення великої кількості тепла та підвищує зношування. Подаючий ролик приводиться до руху шестернею, що розташована на валу шнека. Шестерні подаючого ролика та шнека закриті та змазані консистентною змазкою.

Проміжний циліндр 1 складається із зовнішнього циліндра з примусовою циркуляцією води та вмонтованої поверхневоазотованої гладкої втулки. Гарний відвід тепла досягається використанням принципу «мокрої втулки». Ефективна довжина циліндра складає $5,3 \cdot D$. **Проміжний циліндр 2** має ідентичну конструкцію.

Дегазуючий циліндр також складається із зовнішнього циліндра з примусовою циркуляцією води та вмонтованої поверхневоазотованої гладкої втулки. Його довжина $3 \cdot D$. Він оснащений дегазуючою шахтою, до якої може бути підключений вакуум та яка для простоти очищення оснащена відкидною кришкою.

Передній циліндр довжиною $5,3 \cdot D$ оснащено, як і останній циліндр, фланцем з рим-болтами для закріплення екструзійної головки. Він також має поверхневоазотовану гладку втулку.

Твердість поверхонь втулок усіх циліндрів складає 900 HV 10.

Шнек для вакуумного екструдера має ефективну довжину $21 \cdot D$, є двохза-хідним та з особливою конструкцією дегазуючої частини, в результаті чого забезпечується витягування летючих компонентів з пластикованої суміші. Шнек азотований та полірований. Твердість поверхні 750 HV 10.

Термостатування. Терморегулювання проводиться в наступних шести незалежно один від одного регулюємих зонах екструзійного блока:

- Шнек
- Проміжний циліндр 1
- Дегазуючий циліндр
- Проміжний циліндр 2
- Передній циліндр
- Екструзійна головка

Терморегулюючі пристрої використовують непряме охолодження через теплообмінник, таким чином, попереджається постійне відкладення вапняного налету в результаті подачі весь час свіжої води [4]. Для цього є резервуар з нержавіючої сталі, що виконує функції охолоджувача, а також водяна труба з нагрівним елементом V4A. В кругах циркуляції передбачено насоси високої продуктивності, що перекачують терморегулюючу воду.

Температура регулюється електронним керуванням ЧПУ. Пристрої терморегуляції підключені до центрального розподільчого блоку, так що для екструдера необхідне лише одне підключення на вході та одне на виході. До підключення води пред'являють певні вимоги. Для забезпечення необхідної потужності охолодження перепад тиску між притоком та зливом має складати як мінімум 0,5 атм. Якщо використовується чиста вода замість охолоджуючої рідини, жорсткість води не має перевищувати 12°DH, величина pH має дорівнювати приблизно 0,5. При жорсткості води вище 12°DH в системі можуть утворюватись вапневі відкладення. У такому разі рекомендують використовувати пристрої зниження жорсткості води для холодних кругів циркуляції або засоби стабілізації жорсткості для теплового діапазону (наприклад, Polados Kor).

Блок завантаження тільки охолоджується. Охолодження проводиться за допомогою регулятора температури з датчиком температури та магнітним клапаном, що подає воду від центрального розподільчого блоку. Охолодження подаючого валка налаштовується вручну краном.

На центральному розподільчому блоці є також виходи для охолодження мотора та редуктора, для терморегуляції операційної панелі. У той час як охолодження редуктора включається регулятором температури з магнітним клапаном при температурі вище 80°C, охолодження мотора та операційної панелі працюють у постійному режимі.

Операційна панель екструдера розташована над переднім циліндром на

висоті обслуговування 1700 мм і є поворотною, так що всі елементи керування лежать в полі зору оператора та в зоні його досяжності. Персонал керує та контролює виробничий процес через операційну панель.

Екструзійна головка. Екструдер може експлуатуватись з наступними типам головок:

- Прямими
- Поперечними
- Спеціальним

Головка кріпиться чотирма рим-болтами на фланці переднього циліндра. На вході в головку розташований датчик тиску, що обмежує максимальний тиск, при якому можлива експлуатація лінії, рівнем в 500 атм.

У разі виготовлення профілів в охолоджений корпус 1 встановлюється сито-шайба 3. За нею йде вхідний канал 9, у який встановлюється філь'єра 11. Ці деталі, що встроюються, фіксуються у корпусі запірною гайкою 2.

При виготовленні рукавів у корпус встановлюється дорноутримувач 7 з дорном 14. У різьбовий отвір збоку корпусу вкручується підключення повітря 5 для подачі підтримуючого повітря, що впирається в дорноутримувач. За ним йде вхідний канал 12, до якого прилягає філь'єра. Філь'єра вкладається у направляюче кільце, що центрується чотирма гвинтами 16.

Кріплення головки. Екструдер обладнаний екструзійною головкою, що кріпиться до переднього циліндру поворотно на шарнірі. Головка закривається та закріплюється затягуванням чотирьох рим-болтів переднього циліндра.

Корпус екструдера складається із зварної базової плити з помостом, на якому змонтований блок привода та система термостатування. Під торцем переднього циліндра розташована зварна опора, що підтримує екструзійний блок та на якій закріплено операційну панель. Електричні клемові з'єднання кабеля до електрошафи розташовані в рамі редуктора.

Основа екструдера має у задній часті колеса, а на передній стороні обертальний підшипник. Екструдер може вручну пересуватись по рольгангам навколо центру обертання. При цьому кабелі проводяться назовні у центр обертання.

3 Патентно-літературний огляд

Завдання патентно-літературного огляду полягає у пошуку та виборі варіантів удосконалень з можливістю покращення машини. Пошук проведений на підставі машин та механізмів аналогів проектованої конструкції. Патентний пошук проводиться на сайті Федеральної служби по інтелектуальній власності, патентами та товарними знаками (www.fips.ru), Українського інституту промислової власності (www.uipv.ua), в базі даних Google (Google Patent Search), та в європейському патентному відомстві (Esp@cenet).

Огляд патентів описаний нижче:

Для виробництва труб (гладких, гофрованих, перфорованих) і шлангів застосовують кільцеву прямоточну головку (рис.8.1). Корпус головки складається з двох частин, між якими закріплена радіальна решітка дорноутримувача. У передню частину корпусу вставляється формуюче кільце (мундштук), яке кріпиться до корпусу фланцем. На вході в головку вставляються решітка і пакет фільтруючих сіток. На решітці дорноутримувача закріплені розсікач і дорн. Решітка дорноутримувача має штуцер для підведення стислого повітря всередину труби. Розплав полімеру з циліндра екструдера проходить через пакет фільтруючих сіток, решітку, а потім тече в кільцевому зазорі між патрубком і розсікачем дорну і входить в отвори решітки дорноутримувача, де ребрами розділяється на декілька паралельних потоків. Щоб не було застійних зон, ребра решітки дорноутримувача роблять обтічної форми. Після решітки дорноутримувача

розплав знов поступає в кільцевий канал, утворений другою частиною корпусу і дорном. Остаточні розміри розплав приймає в формуючому каналі.

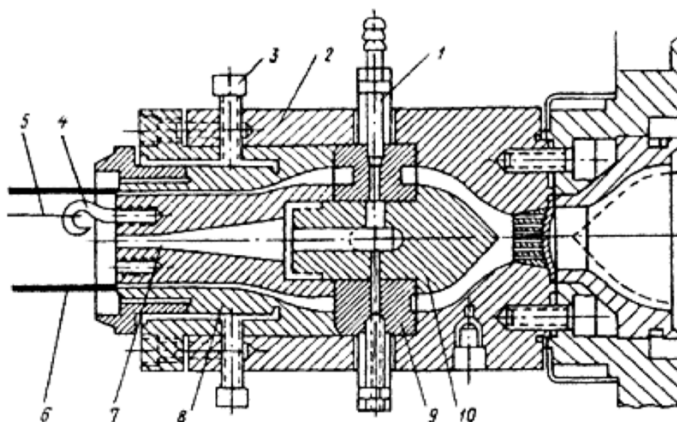


Рис.3.1 Прямоточна кільцева головка для виготовлення труб і шлангів:
1 - штуцер для підведення стисненого повітря; 2 - корпус; 3 - регулювальні гвинти; 4 - кріпильний пристрій; 5 - трос для втримання ковзних пробок у трубі; 6 - трубна заготовка; 7 - канал для надходження в трубу стисненого повітря; 8 -матриця; 9 - дорнотримач; 10- дорн

Товщину стінки екструзійної трубчастої заготовки регулюють обертанням декількох регулювальних гвинтів 3. Прямоточна частина головки досить протяжна й складає 5-20 значень товщини труби. Якщо калібруючу насадку не застосовують, то це відношення збільшується до 20-40 для одержання екструдата з більшою точністю розмірів. Тиск розплаву в головці перебуває в межах 15-20 МПа (рідше 30 МПа). До дорна 10 кріпиться трос 5 або ланцюг, що втримує ущільнювальні пробки, що ковзають по внутрішній поверхні труби. У свою чергу пробки потрібні для створення внутрішнього тиску в трубній заготовці для її калібрування по зовнішньому діаметру. При калібруванні по внутрішньому діаметру пробки не застосовують.

Для виробництва труб великого діаметру розглянута конструкція є на досить раціональною, оскільки має значну матеріалоемність і небезпеку

ослаблення міцності вздовж труби в лініях "спайок" – з'єднання потоків за дорнотримачем.

Частково усуває ці недоліки конструктивна схема, в якій дорнотримачем є перфорована склянка, проходячи яку, розплав повертає двічі на 90, і лінії "спайок" розтікаються по колу. Окрім того, для зниження матеріалоемності дорн може бути порожнистим.

В представлена голівка екструдера для формування труб з каналом подачі формуючої суміші й поєднаним з ним формуючим каналом, що відрізняється тим, що вона має, щонайменше, два формуючих канали, поєднаних з каналом подачі формуючої суміші, а в кожній стінці, що розділяє канали, з боку вихідного перетину виконана, щонайменше, один наскрізний поздовжній проріз, що з'єднує ці канали, а між прорізами - щонайменше, один канал для подачі піноутворюючої речовини.

1. Голівка екструдера, відрізняється тим, що формуючі канали розташовані коаксіально відносно один одного, можуть бути розташовані паралельно відносно один одного, можуть бути охоплені, щонайменше, одним формуючим каналом.

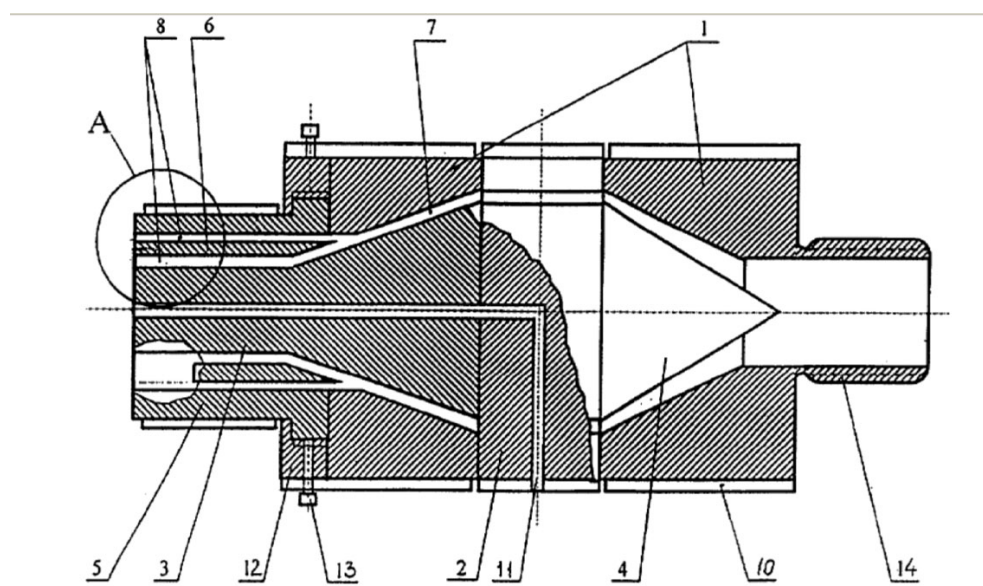


Рис. 3.2 Голівка екструдера

Описана в корисна модель відноситься до області переробки термопластичних полімерів та композицій на їх основі, зокрема, до екструзійного обладнання. Корисна модель може бути використаний у технологічних лініях по виготовленню полімерних труб, шлангів та інших виробів або заготовок кільцевого перерізу.

Відомі різноманітні варіанти конструктивного виконання кільцевих головок. Недоліком відомих конструкцій є наявність проблеми надійності зварення окремих підпотоків, на які розбивається потік розплаву ребрами дорнотримача. Наявність ліній зварення псує зовнішній вигляд виробів та зменшує їх міцність. Традиційні засоби подолання цієї проблеми призводять до збільшення габаритів головки, підвищення її гідравлічного опору та ускладнення її конструкції.

В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалення кільцевої екструзійної головки шляхом інтенсифікації деформації та злиття ліній зварення потоків розплаву, що забезпечує зменшення габаритів головки та підвищення якості полімерних виробів.

Кільцева екструзійна головка (рис. 8.3) містить корпус 1, що формує зовнішню поверхню полімерного виробу, та дорн 2, що формує внутрішню поверхню виробу. Дорн 2 кріпиться в корпусі 1 за допомогою дорнотримача 3, наприклад, у вигляді ніжок або решітки, утворюючи канал 4 для протікання розплаву з вихідною ділянкою 5. Між дорнотримачем 3 та вихідною ділянкою 5 встановлені з можливістю колового руху тіла обертання 6 (рис. 7.4), наприклад, кульки або ролики. Тіла обертання можуть бути об'єднані сепаратором 7, який пов'язаний з лопатями 8. Лопаті 8 можуть бути встановлені на сепараторі 7 в проміжках між тілами обертання

6, перед тілами обертання 6 (на кресленні не показано) або поза тілами обертання 6 (на кресленні не показано). Для зменшення гідравлічного опору тіла обертання 6 можуть містити наскрізні отвори (на кресленні не показано).

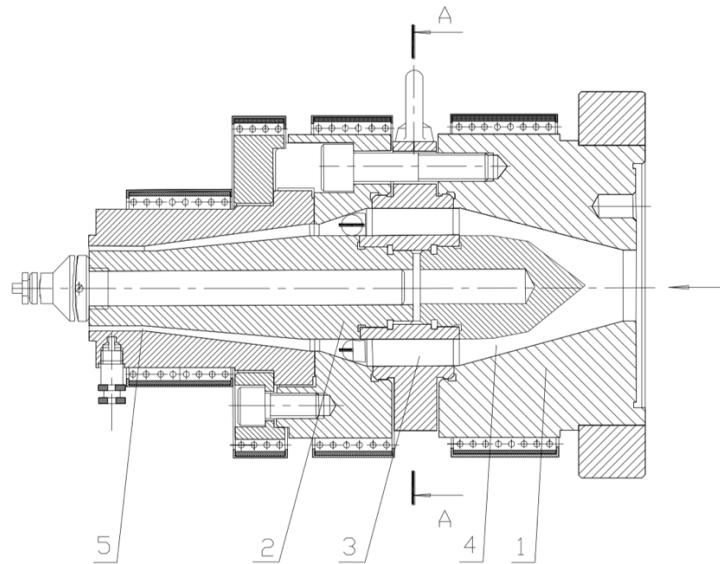


Рис.3.3 Кільцева екструзійна головка

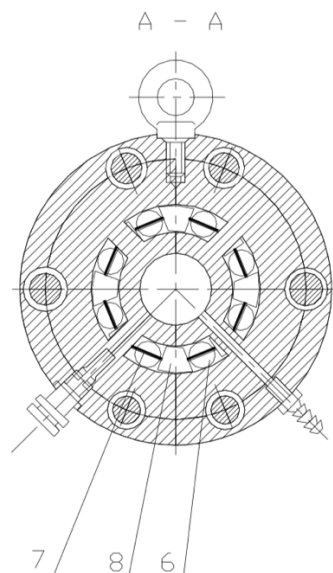


Рис. 3.4 Кільцева екструзійна головка

Розплав, що входить у головку, потрапляє в канал 4 між внутрішньою поверхнею корпусу 1 та зовнішньою поверхнею дорна 2, приймаючи

кільцеву форму. Оминаючи дорнотримач 3, розплав розбивається на підпотоки, що з'єднуються за ним. В проміжку між дорнотримачем 3 та вихідною ділянкою 5 каналу 4, розплав взаємодіє з тілами обертання 6 та лопатями 8, встановленими таким чином, що при цьому вони отримують імпульс в коловому напрямку. Оскільки лопаті 8 пов'язані з сепаратором 7, що об'єднує тіла обертання 6, вони разом набувають коловий рух, залучаючи до нього частину розплаву. При цьому лінії зварення потоків, що з'єдналися після проходження дорнотримача 3, деформуються в коловому напрямку і розмиваються. При цьому відпадає потреба в інтенсивному звуженні перед вихідною ділянкою 5, а відтак і в значному розширенні потоку перед дорнотримачем 3.

Таким чином, використання описаної корисної моделі дозволить отримувати екструзійні полімерні вироби без наявності ліній зварення, зменшивши при цьому габарити екструзійної головки.

Описана в корисна модель відноситься до області переробки полімерів та композицій на їх основі, зокрема, до екструзійного обладнання. Корисна модель може бути використана в технологічних лініях по виготовленню полімерних труб, профілів та інших довгомірних виробів або заготівок.

В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалення екструзійної головки шляхом утворення каналу подачі домішок, які забезпечують зменшення тертя між розплавом та поверхнями каналу і зменшення гідравлічного опору та енергоємності процесу формування полімерних виробів.

Поставлена задача вирішується тим, що в екструзійній головці, що містить корпус з внутрішніми поверхнями, які утворюють канал для протікання розплаву, новим є те, що в корпусі додатково виконано

принаймні один канал, що з'єднує його зовнішню поверхню з каналом для протікання розплаву.

Екструзійна головка містить корпус 1 з внутрішніми поверхнями 2, які утворюють канал для протікання розплаву 3, причому в корпусі 1 додатково виконано принаймні один канал 4, що з'єднує його зовнішню поверхню з каналом для протікання розплаву 3.

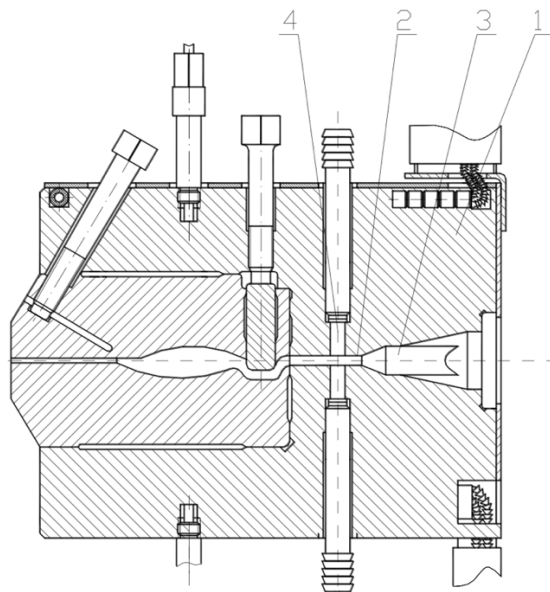


Рис 3.5. Екструзійна головка

Розплав, що входить у головку, потрапляє в канал для протікання розплаву 3, утворений внутрішніми поверхнями 2 корпусу 1. При контакті розплаву з внутрішніми поверхнями 2 на нього діють сили тертя, що створюють спротив течії. Через канал (канали) 4 на внутрішні поверхні 2 ззовні подаються змащувальні домішки, які знижують тертя з розплавом, що сприяє зменшенню гідравлічного опору та покращенню якості поверхні полімерного виробу.

Таким чином, використання описаної корисної моделі дозволить отримувати екструзійні полімерні вироби кращої якості та зменшити енергетичні витрати на їх виробництво.

В розглядається екструзійний агрегат для екструзії погонажних виробів, що містить корпус та черв'як, які мають на кінці циліндричну та конічну ділянки, діаметр яких збільшується в напрямку екструзії, утворюючи між собою конічний зазор, що переходить в циліндричний формуючий канал.

Наведена конструкція має той недолік, що в черв'яку утворюється угин від власної ваги та дії тиску, що викликає ексцентричність в циліндричному формуючому каналі і, відповідно, у виробах, а також може призвести до тертя черв'яка по внутрішній поверхні корпусу.

В представлена екструзійна головка з спіральним розподіленням. Із центральної труби розплав підводять в кільцевий канал через радіальні отвори (схема "зірка", див. рис.8.7). Для розмивання ліній зварювання застосовуються спіральні канавки на дорні із глибиною, що зменшується, кожен отвір виходить в свою канавку.

У головках із спіральним розподільником потік на вході в головку розділяється на ряд радіальних потоків, які в спіральному розподільнику трансформуються в два основних потоки. Один – кільцевий – потік тече по зовнішній стороні розподільника в кільцевому зазорі, що звужується до виходу, а другий – багатозахідний спіральний потік – в спіральному каналі змінної глибини, що зменшується до виходу. Частина розплаву при цьому закручується. На виході із розподільника струмені спірального і кільцевого потоків зливаються в однорідну по температурі і властивостям масу, без холодних спаїв, і через регульований кільцевий зазор об'єднаний потік розплаву виходить із головки.

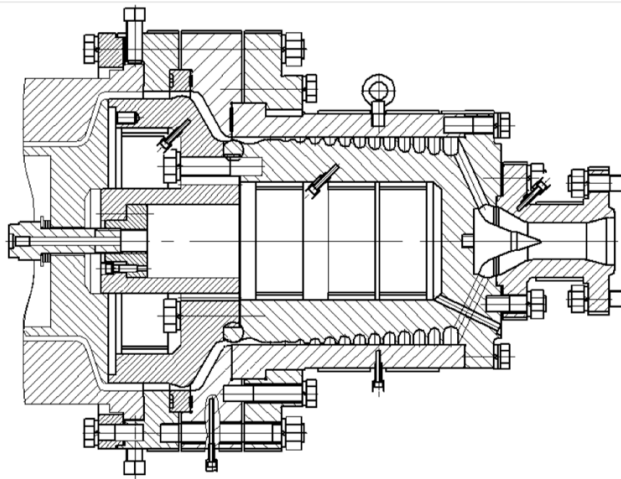


Рис.3.6 Конструкція головки із спіральним розподільником

Межі між потоками не існує, витрата кожного залежить від геометричних характеристик каналів і технологічних параметрів течії. Сумарний потік залишається при цьому незмінним, а залежно від форми і розмірів кільцевого і радіальних каналів змінюється співвідношення потоків, сумарний перепад тиску в головці, інтенсивність перемішування, максимальна швидкість екструзії.

В основу винаходу покладено задачу покращення якості змішування та підвищення продуктивності екструдера. Поставлена задача досягається за рахунок виконання змішувального елемента із проміжними пазами, розділеними між собою перегородками (Рис. 8.8.), що утворюють з основними перегородками замкнені контури. При цьому поверхня змішувального елемента утворена площинами, нахиленими до поздовжньої осі змішувального елемента.

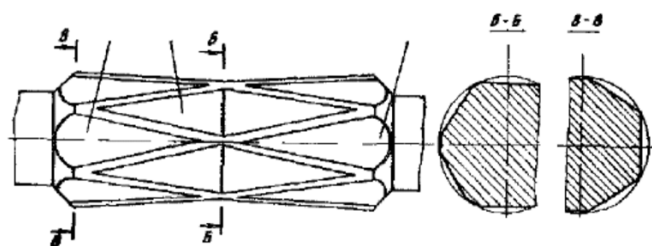


Рис. 3.7 - Черв'як зі змішуючим елементом, поверхня якого утворена площинами нахиленими до повздовжньої осі змішувачого елемента

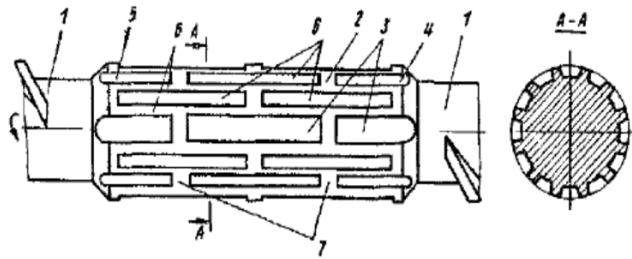


Рис. 3.8 - Черв'як зі змішуючим елементом

1-витками черв'яка, 2-змішувальний елемент, 3-пазами, 4 - вхідні пази, 5- вихідні пази, 6-перегородки, 7-поперечні перегородки

В основу винаходу покладено задачу вдосконалення конструкції черв'ячного екструдера для переробки композиційних матеріалів (Рис. 8.10) з метою покращення якості кінцевого продукту без зміни основної технологічної схеми процесу. Поставлена задача вирішується шляхом введення нових конструктивних елементів і встановлення штифтів з можливістю їх переміщення вздовж осі екструдера, завдяки переривистій нарізці черв'яка в зоні розміщення штифтів. Внаслідок цього відбувається інтенсифікація процесу змішування та гомогенізації, що сприяє підвищенню якості композицій.

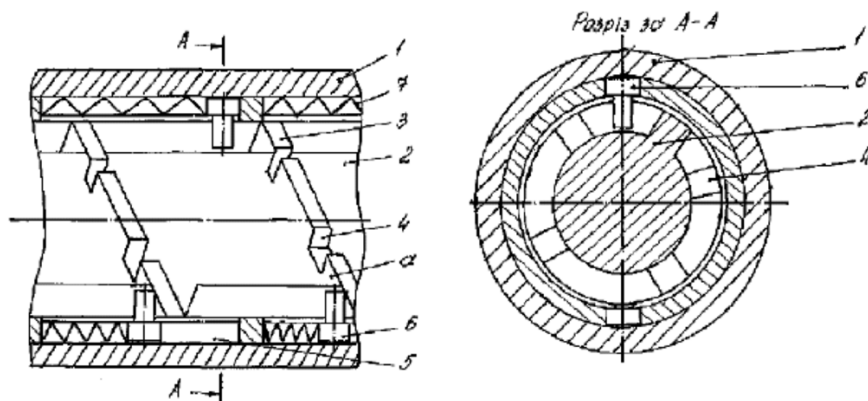


Рис. 3.9 - Екструдер в зоні встановлення штифтів

1-корпус, 2-черв'як, 3-нарізка, 4-розриви, 5-поздовжні пази, 6- штифти,
7- пружини

В основу винаходу покладено задачу зменшити зворотний потік перероблюваного матеріалу крізь зазор „гребінь нарізки – корпус екструдера” (Рис. 8.11)при збереженні високого змішувального ефекту черв'яка.

Поставлена задач вирішується тим, що на гребені нарізки у зоні дозування виконані поперечні пази, скошені у бік хвостовика вала. Таке виконання пазів утворює в зазорі „гребінь нарізки – корпус екструдера” сукупність каналів, глибина яких збільшується у напрямку хвостовика вала черв'яка, тобто утворює сукупність конфузорів, які є гідравлічним опором потоку перероблюваного матеріалу, що зменшує потік витoku крізь зазначений зазор, а отже підвищує продуктивність екструдера.

Перевагою черв'ячного екструдера є те, що наявність під час роботи машини в пазах гребеня черв'яка перероблювального матеріалу сприяє підвищенню надійності екструдера через зменшення зношення пари «черв'як - корпус екструдера», що також в кінцевому підсумку зменшує потік витoku.

Недолік винаходу - низька змішувальна здатність, особливо це проявляється під час перероблення композиційних матеріалів, коли необхідно ретельно перемішати компоненти суміші.

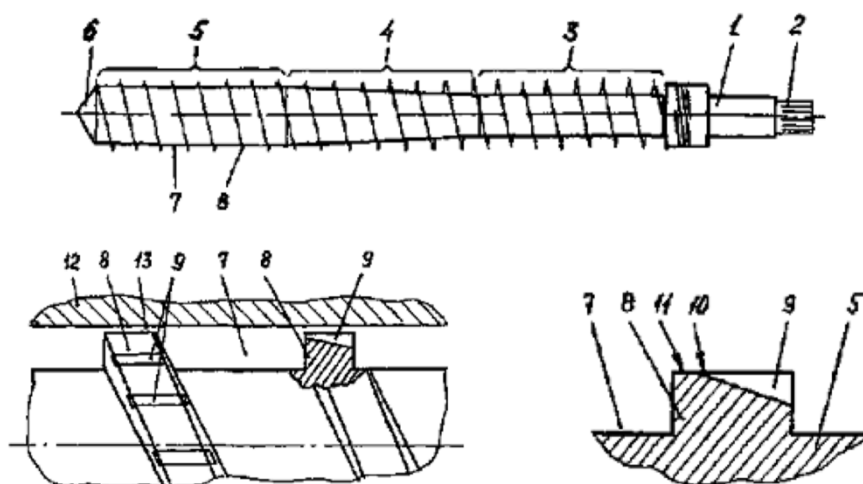


Рис. 3.10 - – Черв'як екструдера для перероблення полімерних матеріалів

1 – вал; 2 – хвостовик; 3 – зона живлення; 4 – зона стискання; 5 – зона дозування; 6 – наконечник; 7 – гвинтова нарізка; 8 – гребені; 9 – пази; 10 – вихід; 11 – зовнішні отвори; 12 – корпус; 13 – зазор

В основу запропонованої корисної моделі поставлено задачу зменшити гідравлічний опір кільцевої екструзійної головки при достатній рівномірності розподілу розплаву у кільцевому зазорі на виході з головки.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що радіальні канали виконано з більшим діаметром, а кожен радіальний канал живить кілька гвинтових канавок.

Кільцева екструзійна головка, що складається з корпусу, дорнотримача, що містить радіальні канали розподілу полімеру і гвинтові канавки, яка відрізняється тим, що радіальні канали мають більший діаметр, та виконано поздовжні пази для перетоку розплаву з кожного радіального каналу у декілька гвинтових канавок для зменшення гідравлічного опору при достатній рівномірності розподілу розплаву у кільцевому зазорі на виході з головки.

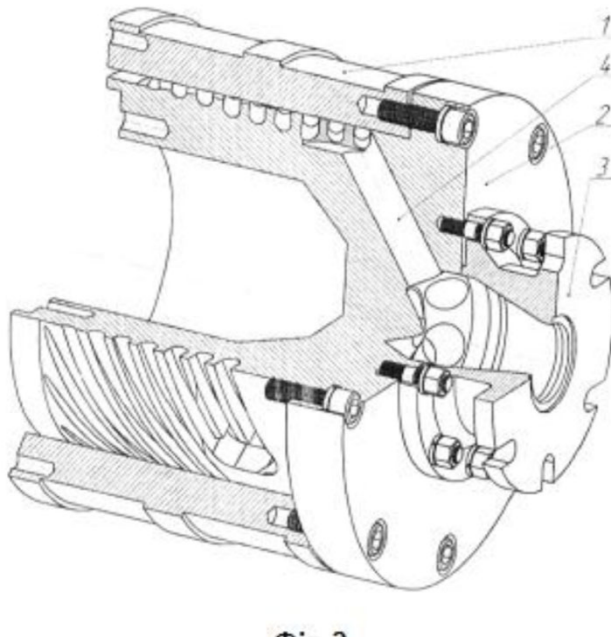


Рис 3.11 Екструзійна головка

3.1 Вибір та обґрунтування запропонованої модернізації

Одним із недоліків кільцевих головок для формування рукавної плівки, є недостатня рівномірність розподілу розплаву, а також значний гідравлічний опір у каналах, що призводить до надмірного перегріву матеріалу, а отже, до термічної деструкції екструдату та зменшення енергоефективності процесу екструзії.

За для усунення цих недоліків[2] поставлено задачу зменшити гідравлічний опір кільцевої екструзійної головки при достатній рівномірності розподілу розплаву у кільцевому зазорі на виході з головки.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що радіальні канали виконано з більшим діаметром, а кожен радіальний канал живить кілька гвинтових канавок.

Після вдосконалення екструзійна головка (рис. 1) буде складатися з корпусу 1, дорнотимача 2,. Дорнотримач містить канали розподілу розплаву

полімеру 3 - радіальні канали; 4 - поздовжні пази для перетоку розплаву з радіального каналу у кілька гвинтових канавок на циліндричній поверхні дорнотримача.

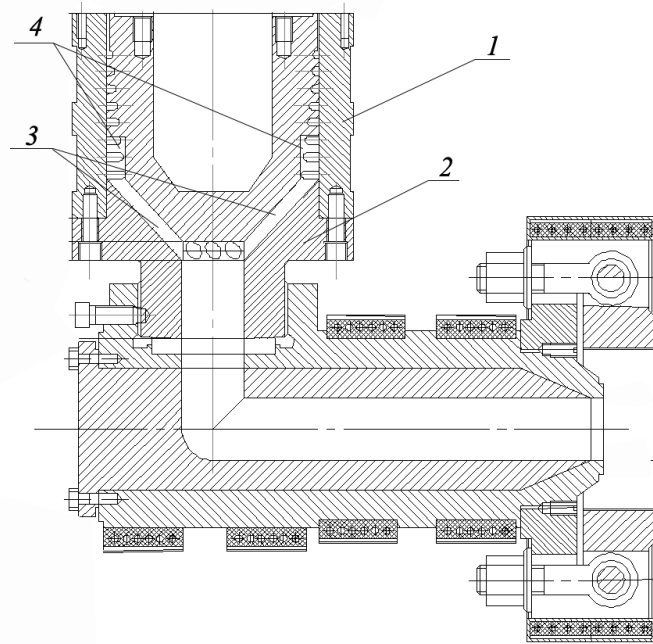


Рис.3.1.1 Кільцева екструзійна головка с збільшеними радіальними каналами, та з виконаними повздовжніми пазами

Удосконалення екструзійна головка працює таким чином.

Розплав полімеру шнеком екструдера подається в адаптер головки і під дією тиску рухається через центральний канал у радіальні, потім у гвинтові канавки.

Збільшення діаметра радіальних отворів зменшує гідравлічний опір течії розплаву у радіальних каналах, що зменшує гідравлічний опір всієї кільцевої екструзійної головки.

Одним із недоліків черв'ячних валалів є наявність постійної глибини пазів, що призводить до утворення досить суттєвого зворотного витоку крізь зазор, що знижує продуктивність машини в цілому

В основу покладено задачу вдосконалити черв'як для перероблення полімерних матеріалів, в якому конструктивне виконання гребенів його нарізки зменшило би зворотний потік перероблюваного матеріалу крізь зазор.

Поставлена задач вирішується за рахунок того[2], що на гребені нарізки у зоні дозування виконані поперечні пази, скошені у бік хвостовика вала. Що утворює в сукупність каналів, глибина яких збільшується у напрямку хвостовика вала черв'яка, які є гідравлічним опором потоку

перероблюваного матеріалу, що зменшує потік витоку крізь зазначений зазор, а отже підвищує продуктивність екструдера.

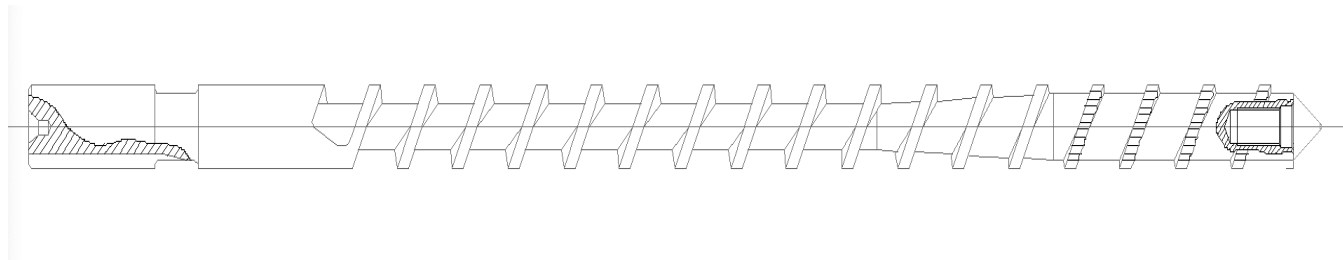


Рис. 3.1.2 Черв'як екструдера для перероблення полімерних матеріалів
з вхідними пазами

4 Охорона праці і навколишнього середовища

Закон про охорону праці в Україні був прийнятий 15 жовтня 1992 року.

Цей законодавчий акт поширюється на підприємства усіх форм власності і всіх працюючих громадян країни.

Закон України про охорону праці встановлює пріоритет життя і здоров'я працюючих, комплексне рішення програми праці, соціальний захист працівників потерпілих у результаті нещасного випадку.

Законом установлюються нормативні документи, вимоги яких відповідають міжнародним нормам і правилам.

Поліпшення умов праці, підвищення його безпеки впливають на результати виробництва, на продуктивність праці, якість і собівартість продукції, що випускається.

4.1 Характеристика виробничих шкідливостей і небезпек

Шкідливими і небезпечними виробничими факторами роботи на ТПА є:

- параметри повітря робочої зони (виділення в повітря шкідливих речовин, що утворюються в процесі роботи);
- виробничий шум, створюваний електродвигунами, вентиляторами;
- вплив елементів машини що рухаються й обертаються (деталей електродвигунів, редукторів, черв'яків, ланцюгів);
- враження електричним струмом (електромережа живлення установки);
- можливість виникнення пожежі;
- виробниче освітлення;
- наявність трубопроводів під тиском;
- наявність елементів устаткування, нагрітих до високих температур.

4.2 Повітря робочої зони

Робота оператора на установці – це важка фізична праця, тому що машина працює в умовах шуму, шкідливих випарів і температур, тому енергозатрати оператора складають більш ніж 275 ккал.

Оптимальні і фактичні параметри температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні приведені в таблиці 7.1, а виділення шкідливих речовин у робочу зону в таблиці 7.2.

Таблиця 7.1

Пора року	Категорія робіт	Відносна вологість, %		Оптим альна	Фактична
		Фактична	Оптим альна		
Холодний та перехідний періоди року	Середньої важкості	21-24	40-60	0,2	0.1-0.12
Теплий період року	Середньої важкості	26-30	40-60	0.1-0.3	0.15-0.2

Фактична температура повітря у теплий період року перевищує оптимальну, тому необхідно встановити кондиціонери для охолодження повітря.

Таблиця 7.2

Речовина	Концентрація	
	Допустима, мг/м ³	Фактична, мг/м ³
Етилен	10	8
СО	20	16
СО ₂	0.03	0.01-0.02
РbO и СоО	0.01	0.005-0.009
Формальдегіди	5	3

Параметри повітря робочої зони і видалення шкідливих речовин полімерів, що виділяються при переробці, і їхня нейтралізація повинні забезпечуватися виробником за допомогою відповідних пристроїв і засобів, що передбачаються при проектуванні виробничих приміщень.

При цьому ефективність пристроїв така, щоб масова концентрація шкідливих речовин і запиленість повітря в зоні обслуговування не перевищувала санітарних норм, встановлених ГОСТ 12.1.005-88 і СНіП 2 04.05-84 для вентиляції.

Для загального обміну вентиляцією застосовується механічна приточно-витяжна вентиляція.

4.3 Небезпека впливу елементів устаткування, нагрітих до високих температур

Небезпечними елементами литьової машини є поверхні корпусу і пресформи, температура яких може досягати 200⁰С.

Наслідком дотику до нагрітих поверхонь можуть стати різноманітні травми та опіки. Щоб уникнути травм нагріті елементи лінії закриваються спеціальними кожухами і маркуються попереджувальними знаками про наявність високої температури. Попереджувачі знаки ставляться на поверхні, температура яких перевищує 45⁰С, що відповідає СН 245-71.

4.4 Виробничий шум

Основними джерелами шуму є електродвигуни, редуктори, ланцюгові передачі.

Рівень звукового тиску в октавних смугах частот, рівень звуку й еквівалентні рівні звуку для постійних робочих місць при працюючій лінії повинні не перевищувати допустимих норм, установлених за ДСН 3.3.6.037-99.

Рівень шуму на робочому місці знаходиться у припустимих межах, тому що рівень шуму створюваний вентиляторами й електроустаткуванням складає 110дБА.

Шуми, створювані устаткуванням, переважно знаходяться в діапазоні 250-2000Гц.

Зменшення механічного шуму в машині для лиття під тиском можна досягти з допомогою:

- примусового змашування поверхонь тертя, $\Delta P=4$ дБА;
- балансування обертових елементів, $P=6$ дБа;
- ущільнюючих матеріалів і пружних вставок у з'єднання, і передачу при цьому коливань від однієї деталі до іншої, $P=5$ дБа;
- своєчасне усунення несправності, $\Delta P=3$ дБА.
- Фактичний рівень 75 дБА

Величина загальної технічної вібрації на постійних робочих місцях при працюючій машині не перевищує норм установлених за ДСНЗ.36.037-99.

4.5 Пожежна безпека

Температура запалення полістиролу, що переробляється, складає порядку $300-350^{\circ}\text{C}$. Категорія приміщення ОНП24-86-В, клас зони обладнання (ПУЄ)-П-Па.

Для гасіння невеликих ділянок загоряння при відключеному електроустаткуванні застосовують вуглекислотні вогнегасники ОУ-5 (2 шт.) і пінні вогнегасники ОХП-10 (1 шт.). Для гасіння включених електромереж застосовують порошкові вогнегасники ОП-10 (1 шт.).

Ширина прорізу дверей еваковиходу – 2 метри. Кількість виходів – не менш двох. Двері відкриваються назовні (СНіП 2.09.02-85).

4.6 Небезпека враження електричним струмом

Червячний прес відноситься до категорії підвищеної небезпеки. Для машини використовується трифазна напруга 380В з частотою 50Гц з ізолюваною нейтраллю.

Основними мірами захисту є:

1. Забезпечення неприступності струмоведучих частин, що знаходяться під напругою (розташування їх на недоступній висоті), для випадкового дотику, $H=3\text{м}$.
2. Використання щитків, спеціальних знаків небезпеки, що попереджають людини про наявність високої температури, можливості поразки електричним струмом і т.д.(кожної з небезпеки відповідає свій попереджувачий знак).
3. Організація безпечної експлуатації електроустаткування, перед роботою установку перевіряють фахівці, вона проходить спробну експлуатацію.
4. Усунення небезпеки з появою напруг на корпусах, кожухах і інших частинах електроустаткування, що досягається використанням захисного заземлення, подвійної ізоляції.

У зв'язку з тим що на ділянці встановлюється трифазна чотирьох провідна мережа з напругою 380/220В, використовується захисне заземлення.

Для трьохпроводної мережі з ізолюваною нейтраллю при нормальному режимі роботи у випадку дотику до однієї фази струм через людину дорівнює, відповідно до ГОСТ 12.1.038-82:

Як величину довгострокового припустимого струму при нормальних умовах приймаємо силу струму рівну 0,01А.

Допустиму величину напруги дотику знаходимо як добуток припустимої сили струму на опір людини:

$$U_d = I_r \cdot R_r$$

Для тривалого перебування під напругою $U_d = 0,01 \cdot 1200 = 12В$.

Для короткочасного перебування під напругою $U_d = 0,065 \cdot 1200 = 71В$.

З метою запобігання травм, рекомендується застосовувати наступні запобіжні заходи:

- рубильник включення устаткування помістити в спеціальні шафи;
- передбачити спеціальне відключення електродвигунів, вентиляторів, нагрівачів у випадку влучення людини під напругу;

Заземлення установки виконати відповідно до ГОСТ 12.1.030-81.

Біля затисків заземлення нанести незмивною фарбою знаки "земля" за ГОСТ 124.026-76.

Електрична міцність ізоляції перевіряється на іспитову напругу 200В частотою 50Гц у плінні однієї хвилини. Опір ізоляції не менш 0,5 МОм. Електрична апаратура встановлена усередині робітників приміщень має ступінь захисту IP-54 ГОСТ 14254-80.

Ступінь захисту електричної апаратури усередині приміщень контролюється за ГОСТ 14254-80.

В аварійному режимі захисне заземлення з $R_3 = 2.7Ом$, що відповідає ГОСТ 21.1.030-81

4.7 Інструкція з техніки безпеки

До обслуговування литьової машини допускаються люди, що пройшли спеціальне навчання – інструктаж з техніки безпеки.

Персонал, що обслуговує литьову машину, проходить інструктаж з техніки безпеки вступний - при надходженні на роботу, первинний – на робочому місці, повторний – не рідше двох разів у рік.

Перед початком роботи робітник зобов'язаний:

- перевірити справність усіх механізмів;
- переконатися в наявності тиску у всіх трубопроводах і змащення у всій системі;
- переконатися в справності контрольно-вимірювальних приладів;
- переконатися в чистоті робочого місця;
- переконатися в справності водяної комунікації (шляхом огляду) і вентиляції (включенням);
- переконатися в наявності заземлення;

Відкриті обертові вали, муфти, ланцюги приводів повинні бути обгороджені спеціальними пристроями і кожухами. Експлуатувати агрегати зі знятими кожухами строго заборонено.

Забороняється робити налагодження і ремонт лінії, що працює в автоматичному режимі.

Робота машини допускається при наявності в цеху проточно-витяжної вентиляції, установленної по місцеві.

У схемі керування пуском агрегату передбачена передпускова, попереджувальна сигналізація – світлова і звукова, з'єднані з пусковим пристроєм і попередні пуску.

Для безпечної роботи на лінії передбачений ряд блокувань: робота електродвигуна привода черв'ячної машини і його пуск можливі тільки при наявності тиску в системі змащення агрегату, а також при наявності

матеріалу в завантажувальній лійці черв'ячної машини при закритих дверцятах завантажувального бункера.

Про всі несправності необхідно негайно доповідати механіку. Робітники, що обслуговують литьову машину повинні бути одягнені в покладену по техніці безпеки спецодяг. При перевірці частин машини, що можуть бути під впливом температури, оператор повинний використовувати рукавиці типу АТВ ДСТ 12.4010-75, причому останні повинні вільно надіватися на руки і нічим не закріплюватися на зап'ястях.

Для безпечної роботи на робочих місцях, у проходах не повинне бути сторонніх предметів, а також олій, бруду.

Забороняється проводити налагоджувальні і ремонтні роботи на пульті керування без відключення напруги 380 В, у щитах: (автоматики і силовому).

Агрегат повинний бути заземлений, і кожна шафа, щит, пульт керування повинний бути приєднаний до заземлювачу чи магістралі, що заземлює, за допомогою окремого отвору. Провідники, що заземлюють, розташовані в приміщенні повинні бути доступні для огляду.

Дотримання всіх правил техніки безпеки забезпечує здоров'я обслуговуючого персоналу, що у свою чергу спричиняє збільшення продуктивності.

5 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП ПРОЕКТУ

5.1 Опис ідеї проекту

Хімічне машинобудування є однією із провідних галузей народного господарства України в сучасному машинобудуванні широко застосовується принцип агрегування, тобто кожний із основних механізмів машини виконують із максимально можливою функціональною незалежністю. Це

дозволяє не тільки підвищити уніфікацію обладнання, а й створює умови для вчасної і швидкої модернізації вузлів машини, заміни застарілих пристроїв і механізмів.

За останні роки до технологій і процесів хімічних виробництв пред'являється ряд нових вимог. В першу чергу ці виробництва повинні бути ресурсо- і енергозберігаючими.

В даному дипломному проекті розглядається екструзійна машина для виготовлення пакувань. Поліетиленовий рукав найбільше застосування у виробничій сфері для упаковки різної продукції і вантажоперевезеннях, де її використовують як пакувальний матеріал. Крім цього, рукава з поліетилену застосовуються у сільському господарстві для монтажу теплиць та овочесховищ. Також, варто відзначити, що поліетиленові рукава застосовуються і в будівництві.

Таблиця 5. 1 – Опис ідеї стартап–проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Виготовити конструкцію екструдера з модернізацією вузлів	Виготовлення екструдера з кращими характеристиками розплаву	Усунення концентраційної неоднорідності пігменту
		Необхідна надійності використання обладнання
		Вища якість продукції
	Застосування кращого обладнання для переробки полімерів	Підвищення енергоефективності проведення процесу
		Зменшення витрат на придбання обладнання та його ремонту

На даний момент вже розроблена модернізація існуючого обладнання. Ми гарантуємо ефективність нововведеної модернізації та її швидку окупність внаслідок збільшення енергоефективності, покращенні основних показників продукції, що виробляється тощо. Проект включає в себе створення технічної документації, креслень застосуванням систем комп'ютерного проектування. Також проект передбачає допомогу в впровадженні інновацій, вирішення проблем, що виникають на виробництві, організацію процесу та забезпечення всіма необхідними довідковими

матеріалами, налагодження нового обладнання, його автоматизацію, підготовку персоналу для роботи з ним та допомогу при виникненні проблем з впровадженими інноваціями в обладнанні .

Проведено аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів:

- визначено перелік техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї ;
- визначено попереднє коло конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів–замінників чи товарів–аналогів, що вже існують на ринку, та проведено збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку [1];
- проведено порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначено показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні); в) кращі значення (S, сильні), наведено в таблиці 5.2. [1].

Таблиця 5.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейт- ральна сторона)	S (сильн а сто- рона)
	Мій проект	Кон- курент 1	Кон- курент 2	Конку- рент 3			
Вартість екструдера, грн	1345 404	11030 30	1420460	990000	–	+	–
Енергозатрати теплоносія, кг/с	7	13	10	14	–	–	+
Продуктивність, кг/год	400	400	180	240	–	+	–
Вихід бракованої продукції, кг/год	3,1	3,2	4,3	2,1	–	+	–
Питома енергоємність, кВт/кг	142	159	150	173	–	–	+

Основною перевагою над конкурентами є: гарантоване отримання більш високих результатів за короткий термін роботи модернізації. Проект працює за трьома основними критеріями роботи – надійність, ефективність та якість виробленого продукту. Завдяки співпраці оновлене підприємство стане більш енергоефективним, підвищиться якість продукції, що виготовляється. Тобто підприємство стане більш конкурентоспроможним на ринку в Україні та світі. Також одним з основних напрямків діяльності проекту є: створення кращих робочих умов для працівників та їх безпеки при роботі [1].

5.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Екструдер належить до обладнання переробки полімерів та пластичних мас, і може бути використаний при виготовленні полімерного рукава.

Розроблення стартап-проекту проводимо згідно методики [1].

В межах даного підрозділу проведено аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту та наведено його у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
-------	--------------	--------------------------	----------------------	------------------------

1	Зменшити гідравлічний опір при достатній рівномірності розподілу розплаву	Модернізована конструкція являє собою екструдер з модернізованою екструзійною головкою	На даний момент відомо багато конструкцій екструдерів, однак процес екструзії можна зробити ефективнішим	Література для вивчення процесу екструзії представлена декількома авторами, для підвищення конкурентоспроможності потребує подальшого вивчення
2	Підвищення продуктивності	Модернізований Черв'як екструдера	Наявні, відомі конструкції модернізуються	На ринку представлено багатьма виробниками полімерного обладнання
<p>Обрана технологія реалізації ідеї проекту: Нова конструкція екструдера, яка дозволить отримати менший гідравлічний опір, та підвищує продуктивність машини</p>				

За результатами аналізу видно, що можливості технологічної реалізації проекту, а також технологічного шляху, яким це доцільно зробити – є можливим.

5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначено ринкові можливості, які можна застосувати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть завадити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів–конкурентів [].

Спочатку проведено аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (таблиця 5.4).

Зростання обсягів виробництва до 2008 року. Ця ситуація на ринку виготовлення та продажу екструдерів пояснюється тим, що в країні постійно збільшувалася кількість підприємств та споживачів яким потрібні екструдери для різних потреб [1].

Падіння обсягів виробництва апаратів в 2009-2011 роках. Негативна динаміка спостерігалася через фінансову кризу [1].

На нашу думку на даний момент виробництво екструдерів в Україні знаходиться на етапі насичення та стабільності. Це пов'язано, насамперед із тим, що наша продукція користується попитом у багатьох галузях промисловості нашої державі. Ця продукція є завжди актуальною, завдяки її ефективності використання і постійній модернізації, тому вона має гарне фінансування. Статистика показує, що попит на дану продукцію є доволі стабільним як в нашій країні, так і за її межами.

Основні виробники екструзійного обладнання в Україні: Торгівельний дім Аллтан, «AGROTORG», Полімерсервіс.

У Світі: Корпорація «Extru-Tech» (Росія), Корпорація «Енерго Дизайн» (Росія), Корпорація «Europages» (США), Корпорація «Patriot-nrg» (США), Корпорація «Kelvion» (США).

В таблиці 5.4 наведено попередні характеристики потенційного ринку стартап-проекту.

Таблиця 5.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
Кількість основних гравців, од	4
Загальний обсяг продаж, грн/ум. од	800
Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
Наявність обмежень для входу (вказати)	Масштабність

характер обмежень)	
Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ДСТУ, ГОСТ, ISO.
Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	60

За результатами аналізу таблиці робимо висновок, що ринок є привабливим для входження за попереднім оцінюванням [1].

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (таблиця 5.5) [1].

Таблиця 5.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
Потреба в якості продукції, потреба в підвищенні продуктивності	Компанії, що виготовляють екструзійні машини, машинобудівельні компанії тощо.	ДСТУ, ГОСТ, ISO	- до продукції: якісні машини та відповідність всім нормативам, щодо міцності, надійності; - до компанії-постачальника: якість постачання, швидкість, доступність.

Проводимо аналіз ринкового середовища: складаємо таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому заважають (таблиці 5.6, 5.7). Фактори в таблиці подавати в порядку зменшення цінності [1].

Фактори поділяються на внутрішньо маркетингові середовище та зовнішньо маркетингові середовище. До внутрішньо маркетингових факторів відносяться власний капітал стартап проекту, інтелектуальні ресурси, технологічні ресурси, матеріальні, місцезнаходження. До зовнішньо маркетингового середовища стартап проекту відносяться природні,

політико–правові, соціально–культурні, економічні, науково–технічні і демографічного середовища [].

Фактори загроз вносимо до таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Фактори загроз

Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
Політико-правові «Закон України про підприємницьку діяльність» . «Закони України про ліцензування певних видів господарської діяльності».	Може вплинути на працездатність проекту, купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару Недостатня підтримка державою нових підприємців. Дорого вартісні ліцензії, заборона на діяльність без ліцензії.	Відповідність вимогам законодавства України та країн з якими ведеться співпраця. Зміна напрямків імпорту/експорту
Економічні: інфляція, підвищення цін на матеріали	Впливає на купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару	Підвищення/пониження ціни на продукт
Науково-технічні: Зміниться технологія виготовлення товару	Невідповідність технологій споживчих та послуг науково-технічному розвитку. «Консервативність споживачів до запровадження інновацій».	Постійний пошук та моніторинг актуальних тенденцій в обраній та в суміжних сферах діяльності. Інноваційна діяльність.
Демографічні: Зниження народжуваності та кількості населення.	Впливає на купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару	Пошук нових клієнтів для виробництва теплообмінників.

Соціально-культурні: «Консервативність споживачів до запровадження інновацій».	Небажання споживачів купувати нове обладнання	Пропонувати споживачам замість купівлі нового обладнання модернізацію їх виробництва за допомогою наших послуг
---	---	--

Таблиця 5.7 – Фактори можливостей

Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
Науково-технічні Зміна технології виготовлення обладнання	Поява нової технології виробництва екструдерів.	Розробка нового обладнання та конструкцій екструдерів. Впровадження даної технології та декларування власної ціни на дану пропозицію.
Демографічні: Розвиток машинобудівної галузі	Збільшення населення, покращується попит на продукцію	Збільшення числа потенційних клієнтів в майбутньому.
Високий інтелектуальний потенціал компанії	Кваліфіковані, лояльні і добре мотивовані працівники як інструмент для досягнення конкурентних переваг	Оптимізація управління трудовими ресурсами; розробка методів, спрямованих на підвищення продуктивності праці

Надалі проводимо аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку, отримані дані заносимо до таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Тип конкуренції: Монополістична	Товар кожної фірми, яка торгує на ринку, є недосконалим замінником товару, який реалізують інші фірми. Диференціація товарів	Компанія повинна робити ставку на основні відмінності своєї продукції (за якістю, економічністю, конкретними фізичними характеристиками).

	створює можливість обмеженого впливу на ринкові ціни, так як багато споживачів зберігають прихильність до конкретної марки і фірми навіть при деякому підвищенні цін.	Велика кількість продавців виключає можливість змови, не дає особливо впливати на ринкові ціни.
2. За рівнем конкурентної боротьби: Національний	Менше компаній-конкурентів, за рахунок того, що іноземні компанії не конкурують з національними.	Першим кроком орієнтуватися та виходити на національний ринок, збирати зворотній зв'язок, проблеми та побажання. Охоплювати у співпраці максимальну кількість національних клієнтів, спілкуватися з ними особисто. Паралельно працювати над іміджем компанії.
3. За галузевою ознакою: Міжгалузева	Екструзійні апарати можна використовувати для різногалузевих виробництв та процесів.	Створення удосконаленого екструзійного обладнання, яке спрямоване на зниження енергозатрат.
4. Конкуренція за видами товарів: товарно-видова	Під час прийняття рішення про купівлю клієнт буде обирати кращу за властивостями, або за ступенем задоволення певних його потреб продукцію.	Підприємство орієнтоване на малий, середній та великий бізнес. І має можливості проектувати відповідне обладнання
5. За характером конкурентних переваг: цінова	За рахунок покращення з точки зору клієнта співвідношення ціна/якість підвищується конкурентоспроможність товару	Постійне спостереження та оцінка цінової політики на ринку. Регулювання ціни в комплексі з якістю товару. Просування товару методами, що використовують фактичні розрахунки переваг товару (у чисельному вигляді)
6. За інтенсивністю: марочна	Для вдалого просування, підвищення каналів збуту, кількості клієнтів та партнерів необхідно	Створення логотипу, нанесення його (або назви) на продукт. Реклама в інтернеті. Збільшення

	зарекомендувати себе, створити власне ім'я.	кількості ділових контактів.
--	--	---------------------------------

Після аналізу конкуренції проводимо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі за моделлю 5 сил М. Портера. Згідно цієї моделі розглядаємо 5 основних сил, які необхідно врахувати перед виходом на ринок, опис наведено в таблиці 5.9. []

Таблиця 5.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Основні компанії, що виготовляють машини для екструзії: AGROTORG «Енерго Дизайн», «Europages», «Patriot-nrg»	Основні бар'єри входження на ринок: ефект масштабу великих компаній, недостатність інвестицій, обмежена можливість науково-дослідницьких та досвідно-конструкторські	Існує загроза інтегрування постачальників в бізнес (відома подібна практика закордоном)	-не конкурентно спроможне обладнання -високі ціни на товари -не якісні послуги - без інноваційне	Інші фірми виробляють схожу продукцію. Але на даний момент аналогів по показникам продуктивності немає

Висновки:	Основна перевага – досвід, відоме ім'я. Але, за рахунок інновацій, тісного контакту з клієнтом можна заробити імідж та отримати клієнтів.	Можливість входу на ринок існує. Потенційними конкурентами можуть стати схожі підприємства-новатори.	Постачальники загалом не диктують умови. На даний момент існує велика низка можливих постачальників. Наш продукт є доволі адаптовним для модифікованих компонентів.	Диктують умови на ринку: якщо співвідношення ціна/якість буде не співмірним, можуть відмовитися від продукту, оскільки є з чого вибрати.	Мінімальне обмеження через товари-замінники.
-----------	---	--	---	--	--

Згідно отриманого аналізу конкуренції визначено, що конкуренція на ринку, що важливим конкурентним рішенням є розвиток інновацій, тісний контакт з клієнтом, модернізації та створення нового обладнання.

На основі аналізу конкуренції, проведеного в таблиці 5.9, а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (таблиця 5.2), вимог споживачів до товару (табл. 5) та факторів маркетингового середовища (таблиці 5.6, 5.7) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності [].

Згідно отриманих результатів основним параметром конкурентоспроможності є якість обладнання для виробництва виробів різного призначення.

Таблиця 5.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1.	Доступна ціна	За рахунок зменшення енергозатрат – загальна вартість знижується.
2.	Інноваційність технології	Впровадження модернізованих деталей підвищує продуктивність, що не було застосовано в цьому напрямку раніше.
3.	Комплексний підхід	Ми надаємо комплекс послуг по розробці

		виготовленню і монтажу а також постачаємо комплектуючі по низьким цінам.
4.	Можливість виходу на закордонний ринок	Інноваційність технології дозволяє впроваджувати ці апарати не тільки на території України.

За визначеними факторами конкурентоспроможності проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту.

Таблиця 5.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з проектом						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	3
1.	Доступна ціна	5			□	△	◇		
2.	Інноваційність технології	10		△	◇			□	
3.	Енерго- та ресурсозбереження	5		△	□		◇		
4.	Можливість виходу на закордонний ринок	0		◇		□, △			

* □ – «AGROTORG»

△ – «Europages»

◇ – «Patriot-nrg»

Сильні сторони проекту: якість екструдерів; підвищення продуктивності; підвищення якості продукції; універсальність застосування модернізованого обладнання.

Слабкі сторони проекту: невеликий асортимент продукції, що виготовляється.

Складаємо SWOT-аналіз (матриці аналізу сильних (Strength), слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) на основі

виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (таблиця 5.10), та вносимо результати до таблиці 5.12. [].

Таблиця 5.12 – SWOT - аналіз стартап -проекту

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> - Низька вартість впровадження проекту. - Високий інтелектуальний потенціал компанії - Інноваційність технології - Високий рівень енергозбереження та ресурсозбереження загалом - Адаптованість продукту на суміжні ринки - Можливість виходу на закордонний ринок 	<ul style="list-style-type: none"> - Невідоме «ім'я» підприємства - Недостатній рівень фінансування - Висока конкуренція на ринку - Зменшення кількості можливих постачальників в умовах кризи

Продовження таблиці 5.12

Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> - Перевага над конкурентним товаром за рахунок малокомпонентності, енергоефективності... - Підвищення продуктивності розробок за рахунок ефективної командної діяльності - Плідна співпраця з постачальниками на взаємовигідних умовах поступок 	<ul style="list-style-type: none"> - Поява інноваційного обладнання - Витіснення конкурентами компанії з ринку - Недостатнє фінансування, відсутність інвесторів - Недостатність клієнтів-підприємств, що можуть дозволити собі оновлення систем - Витіснення вітчизняного товару закордонним - Зміна населення.

Визначені альтернативи аналізуємо з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів, отримані дані вносимо до таблиці 5.13.

Таблиця 5.13 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1.	Виготовлення модернізованих екструдерів, які можна застосовувати в різних галузях промисловості	Високий	10 місяців
2.	Модернізація вже застарілих екструзійних апаратів .	Достатня	9 місяців
3.	Обслуговування екструдерів	Достатня	1 рік

Після аналізу зазначити обираємо альтернативу виготовлення модернізованих екструдерів, які можна застосовувати в різних галузях промисловості.

Після аналізу обираємо альтернативу диференціації, що передбачає надання товару важливих з точки зору споживача відмінних властивостей, які роблять товар відмінним від товарів конкурентів.

5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першочергово передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (таблиця 5.14). Розроблення ринкової стратегії проекту проводимо згідно методикою наведеною в [1].

Таблиця 5.14 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1.	Приватні компанії хімічної та нафтопереробної промисловості	Висока	Високий	Мала	Висока
2.	Державний сектор різних галузей промисловості	Середня	Середній	Висока	Середня
Які цільові групи обрано: Для здобуття іміджу та репутації компанії починати треба з приватних компаній хімічної та нафтопереробної промисловості, а в подальшому розповсюджувати свою діяльність і на державному рівні.					

За результатами аналізу потенційних груп споживачів (сегментів) обираємо приватні компанії і використовуємо стратегію концентрованого маркетингу.

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформулювати базову стратегію розвитку, яка наведена в таблиці 5.15.

Таблиця 5.15 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1.	Підписання довгострокових контрактів	Диференційований маркетинг	Супровід обладнання, їх технічне обслуговування, навчання персоналу	Стратегія диференціації

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (таблиця 5.16).

Таблиця 5.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1.	Ні	Треба починати з клієнтів, не зациклених на відомому бренді, тих, хто готовий експериментувати.	Загальним для нашого товару і конкурентного є тільки основна ідея, а структура, компоненти, їх співвідношення є унікальними	Стратегія заняття конкурентної ніші

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту, а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (таблиця 5.15) та стратегії конкурентної поведінки розробляється стратегія позиціонування (таблиця 5.16). що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку/проект.

Таблиця 5.17 – Визначення стратегії позиціонування

Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1. Аргументова на ціна.	Стратегія диференціації	1. Продукція вищої якості за конкурентну	1. Висока якість та

2. Супроводження товару 3. Необхідна якість		2. Можливість економити на ресурсах 3. Програми лояльності за тривалі контракти 4. Супровід товару	надійність. 2. Тривалі контракти. 3. Програми лояльності.
--	--	--	---

5.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у таблиці 5.18 підсумовуємо результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 5.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1.	Висока актуальність екструзійного обладнання у різних галузях	Збільшення чистого прибутку. Покращення якості продукту	- Високий інтелектуальний потенціал компанії - Інноваційність технології - Високий рівень енергозбереження та ресурсозбереження - Адаптованість продукту суміжні ринки - Підвищення продуктивності процесу та якості товару
2.	Зменшення виходу бракованого матеріалу	Збільшення продуктивності	Інноваційна конструкція екструдера
3.	Зниження енергозатрат на виробництво	Зменшення ціни продукту	Інноваційна конструкція

Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточнюється ідея продукту та/або послуги, його фізичні складові,

особливості процесу його надання (таблиця 5.19). Орієнтовний перелік можливих характеристик товару наведено у методиці [].

До основних техніко-економічних характеристик товару відносяться:

- Економічні – вартість обслуговування, експлуатації, утилізації, витратних матеріалів, ремонту, знижки [];
- Призначення (технічні) – показники, що визначають головний напрямок використання товару та можливу сферу його застосування: класифікаційні показники, складу і структури, технічної досконалості [];
- Надійності – здатність товару безвідмовно функціонувати: безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність;
- Технологічні – можливість оптимізації витрат матеріалів, праці, коштів, часу під час технологічної підготовки виробництва, виготовлення та використання товару [];
- Ергономічні – показники ступеню адаптованості технічних та конструктивних рішень виробу до біологічних властивостей людини та середовища використання товару: гігієнічні, антропометричні, фізіологічні та психологічні [];
- Органолептичні – визначають властивості товару, які людина може визначити за допомогою своїх органів чуття [];
- Естетичні – оцінюють зовнішній вигляд товару [];
- Транспортабельності – визначають пристосованість продукції до транспортування, підготовчих, початкових і кінцевих операцій перевезення[];
- Екологічності – характеризують рівень негативного впливу на довкілля [];
- Безпеки – безпечності та нешкідливості споживання товару [].

Формулюємо три рівні товару: товар за задумом, товар у реальному виконанні та товар із підкріпленням. Далі розглядаємо техніко-економічні характеристики кожного рівню товару, отримані дані вносимо до таблиці 5.19.

Таблиця 5.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	покращення якості готового продукту – еструдера; зменшення витрат енергетичних, матеріальних та людських ресурсів на виробництво.		
	Вирішення проблем пов’язаних з виробництвом (випуск бракованої продукції, низька надійність обладнання тощо).		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	Екструзійне обладнання, особливістю яких є використання модернізованих елементів. 1. Надійність 2. Енерго- та ресурсозбереження 3. Доступна ціна 4. Інноваційність технології	+/+	-/+/+/-/-
	Якість: стандарти, нормативи, параметри тестування міжнародні та вітчизняні стандарти ДСТУ, ISO, DIN та інші.		
	Пакування– відсутнє		
	Марка: назва організації-розробника + назва товару		
III. Товар із підкріпленням	До продажу : • програми лояльності при підписанні довготривалого контракту; • різні способи доставки; • різні способи оплати; • демонстрації та моделювання роботи		
	Після продажу: • встановлення; • обслуговування; • супровід; • навчання персоналу; • гарантія повернення грошей і обміну товару.		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: буде розроблено патент на винахід, на кожному апараті буде фірмовий штамп.			

Після формування маркетингової моделі товару слід особливо відмітити – чим саме проект буде захищено від плагіату. Захист може бути

організовано за рахунок захисту ідеї товару (захист інтелектуальної власності), або ноу-хау, чи комплексне поєднання властивостей і характеристик, закладене на другому та третьому рівнях товару [].

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субститути, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (таблиця 5.20). Аналіз проводиться експертним методом [].

Таблиця 5.20– Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1.	1000000-1400000 грн.	900000-1500000 грн – ціни високі	Підприємства великі, середні та малі(цехи)	2000-5000 грн/1 консультація, в онлайні безкоштовно.
2.	Сама модернізація робиться коштом підприємства (клієнта) оплата йде тільки за обсяги роботи. 120 грн / година роботи	Розробка нового обладнання 200 грн/1 год	Дивлячись від розміру підприємства (клієнта) та обсягів виконання: 4000 -8000 грн/1 год (для всього колективу)	800 грн/1год (для всього колективу)

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (таблиця 5.21) []:

- проводити збут власними силами або залучати сторонніх посередників (власна або залучена система збуту) [];
- вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу збуту [];
- вибір та обґрунтування виду посередників [].

Таблиця 5.21 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1.	Клієнти хочуть на власні очі бачити обладнання та його тестування перед закупівлею, потребують доставки, встановлення, консультацій, супроводу	Гарантія Тестування Доставка Ремонт Допомога введення у експлуатацію Допомога при запуску	Нульовий рівень Наша компанія сама встановлює і проектує обладнання. До споживача доходить продукція з усіма необхідними компонентами.	Власна система збуту через інтернет і домовленість про подальшу співпрацю
2.	Консультування при виникненні питань та пропозицій	Виконання роботи та складання	Однорівневий	Через інтернет по телефону, відеоконференціях та на місці

Система збуту товарів - ключова ланка комерційної діяльності й свого роду фінішний комплекс у всій діяльності фірми по створенню, виробництву й доведенню товару до споживача. Власне, саме тут споживач або визнає, або не визнає всі зусилля підприємства корисними і потрібними для себе і, відповідно, купує або не купує її продукцію і послуги [1].

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (таблиця 5.22) [1].

Таблиця 5.22 – Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
-------	---------------------------------------	--	--	----------------------------------	--------------------------------

		цільові клієнти	ня		
1.	Розв'язок проблем в діяльності	Інтернет та соціальні мережі	Запевнення в швидкості та якості, створення партнерських стосунків з клієнтом.	Запевнити в швидкому розв'язку та відповідей на всі питання, що турбують.	«Довговічність і надійність»
2.	Пошук варіантів розвитку клієнта (покращення параметрів, зменшення затрат тощо).	Інтернет та соціальні мережі, реклама	Надання всієї інформації про Нас, надання гарантій та картки клієнта з подальшим сервісом.	Показати перелік наших послуг та надати інформацію для звернення.	«Все краще для вас»
3.	Бажання здійснити вигідну покупку, що буде актуальною тривалий час.	Інтернет та соціальні мережі, відеочати, реклама виставки та друкована продукція	Надання всієї інформації та гарантія на покупку.	Показати перелік наших послуг та надати інформацію для звернення.	«Краще не знайдете»

Результатом останнього пункту має стати ринкова (маркетингова) програма, що включає в себе концепції товару, збуту, просування та попередній аналіз можливостей ціноутворення, спирається на цінності та потреби потенційних клієнтів, конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового середовища, в межах якого буде впроваджено проект, та відповідну обрану альтернативу ринкової поведінки [].

5.6. Висновки

У проведеному аналізі було визначено стратегії збуту послуг, та вплив основних факторів на попит послуг, які надаються моїм проектом. Та згідно отриманих даних у моєму проекті є:

- можливість ринкової комерціалізації проекту, оскільки надані послуги наявний попит, динаміка ринку, рентабельність роботи на ринку;
- перспективи впровадження для потенційних груп клієнтів, таких як малі, середні підприємства, що займаються виготовленням екструдерів та суміжні підприємства;
- для ринкової реалізації проекту альтернативою впровадження доцільно обрати створення наукових семінарів та брати участь на виставках в даній сфері;

6 Механотроніка

6.1 Опис роботи машини

Перелік операцій:

- 1 – подача матеріалу до завантажуючого пристрою;
- 2 – надходження матеріалу до шнеку;
- 3 – змішування матеріалу
- 4 – поступове просування до головки екструдера;
- 5 – нагрівання головки;
- 6 – плавлення полімеру;
- 7 – видув рукава;
- 8 – охолодження;
- 9 – скручення у рулон;
- 10 – переміщення рулона по лінії;

Робочий цикл

1-N1-2-3-N2-N3-4-N4-5-6-N6-7-N5-8-N8-9-N9-N7-10-N10

6.2 Опис функціональних модулів

Функціональний модуль 1 (ФМ1)

Оскільки операція виконується зворотньо-поступально, то в якості виконавчого пристрою обираємо пневматичний привід - пневмоциліндр.

Марка - DSN-20-200-P

Виробник - Festo

Кількість - 1

Позиція на схемі - 1.0

В якості керуючого пристрою обираємо розподільник 5/2, пневматичний, з електричним керуванням, моностабільний.

Марка - VUVS-LK20-M52-AD-G18-1C1-S

Виробник - Festo

Кількість - 1

Позиція на схемі - 1.1

В якості інформаційного пристрою обираємо ємнісний датчик.

Марка - CSB A41A5-01G-6-L

Виробник - НПК «Теко»

Кількість - 1

Позиція на схемі – 1.2.

І датчик положення циліндру.

Марка - PPL-1/8

Виробник - Festo

Кількість - 1

Позиція на схемі – 1.3.

Функціональний модуль 2 (ФМ2)

Оскільки операція виконується зворотньо-поступально, то в якості виконавчого пристрою обираємо пневматичний привід - пневмоциліндр.

Марка - DSN-20-200-P

Виробник - Festo

Кількість - 1

Позиція на схемі - 2.0

В якості керуючого пристрою обираємо розподільник 5/2, пневматичний, з електричним керуванням, моностабільний.

Марка - VUVS-LK20-M52-AD-G18-1C1-S

Виробник - Festo

Кількість - 1

Позиція на схемі - 2.1

В якості інформаційного пристрою обираємо датчик положення циліндру.

Марка - PPL-1/8

Виробник - Festo

Кількість - 2

Позиція на схемі – 2.2.

Та датчик тиску

Марка - SPAN-B2R-Q4-PN-PN-L1

Виробник - Festo

Кількість - 1

Позиція на схемі – 2.3.

Функціональний модуль 3 (ФМ3)

Оскільки операція виконується зворотньо-поступально, то в якості виконавчого пристрою обираємо пневматичний привід - пневмоциліндр.

Марка - DSN-20-200-P

Виробник - Festo

Кількість - 1

Позиція на схемі - 3.0

В якості керуючого пристрою обираємо розподільник 5/2, пневматичний, з електричним керуванням, бістабільний.

Марка - VUVS-LK20-B52-D-G18-1C1-S

Виробник - Festo

Кількість - 1

Позиція на схемі - 3.1

В якості інформаційного пристрою обираємо датчик положення циліндру.

Марка - PPL-1/8

Виробник - Festo

Кількість - 2

Позиція на схемі – 3.2, 3.3

Функціональний модуль 4 (ФМ4)

Оскільки операція виконується зворотньо-поступально, то в якості виконавчого пристрою обираємо пневматичний привід - пневмоциліндр.

Марка - DSN-20-200-P

Виробник - Festo

Кількість - 1

Позиція на схемі - 4.0

В якості керуючого пристрою обираємо розподільник 5/2, пневматичний, з електричним керуванням, моностабільний.

Марка - VUVS-LK20-M52-AD-G18-1C1-S

Виробник - Festo

Кількість - 1

Позиція на схемі - 4.1

В якості інформаційного пристрою обираємо ємнісний датчик.

Марка - CSB A41A5-01G-6-L

Виробник - НПК «Теко»

Кількість - 1

Позиція на схемі – 4.2.

І датчик положення циліндру.

Марка - PPL-1/8

Виробник - Festo

Кількість - 1

Позиція на схемі – 4.3

Функціональний модуль 5 (ФМ5)

Оскільки операція виконується зворотньо-поступально, то в якості виконавчого пристрою обираємо пневматичний привід - пневмоциліндр.

Марка - DSN-20-200-P

Виробник - Festo

Кількість - 1

Позиція на схемі - 5.0

В якості керуючого пристрою обираємо розподільник 5/2, пневматичний, з електричним керуванням, бістабільний.

Марка - VUVS-LK20-B52-D-G18-1C1-S

Виробник - Festo

Кількість - 1

Позиція на схемі - 5.1

В якості інформаційного пристрою обираємо ємнісний датчик.

Марка - CSB A41A5-01G-6-L

Виробник - НПК «Теко»

Кількість - 1

Позиція на схемі – 5.2.

І датчик положення циліндру.

Марка - PPL-1/8

Виробник - Festo

Кількість - 1

Позиція на схемі – 5.3.

Функціональний модуль 6 (ФМ6)

Оскільки операція виконується зворотньо-поступально, то в якості виконавчого пристрою обираємо пневматичний привід - пневмоциліндр.

Марка - DSN-20-200-P

Виробник - Festo

Кількість - 1

Позиція на схемі - 6.0

В якості керуючого пристрою обираємо розподільник 5/2, пневматичний, з електричним керуванням, моностабільний.

Марка - VUVS-LK20-M52-AD-G18-1C1-S

Виробник - Festo

Кількість - 1

Позиція на схемі - 6.1

В якості інформаційного пристрою обираємо датчик положення циліндру.

Марка - PPL-1/8

Виробник - Festo

Кількість - 2

Позиція на схемі – 6.2, 6.3.

Функціональний модуль 7 (ФМ7)

Оскільки операція виконується зворотньо-поступально, то в якості виконавчого пристрою обираємо пневматичний привід - пневмоциліндр.

Марка - DSN-20-200-P

Виробник - Festo

Кількість - 1

Позиція на схемі - 7.0

В якості керуючого пристрою обираємо розподільник 5/2, пневматичний, з електричним керуванням, бістабільний.

Марка - VUVS-LK20-B52-D-G18-1C1-S

Виробник - Festo

Кількість - 1

Позиція на схемі - 7.1

В якості інформаційного пристрою обираємо ємнісний датчик

Марка - CSB A41A5-01G-6-L

Виробник - НПК «Теко»

Кількість - 2

Позиція на схемі – 7.2, 7.3.

Функціональний модуль 8 (ФМ8)

Оскільки операція виконується зворотньо-поступально, то в якості виконавчого пристрою обираємо пневматичний привід - пневмоциліндр.

Марка - DSN-20-200-P

Виробник - Festo

Кількість - 1

Позиція на схемі - 8.0

В якості керуючого пристрою обираємо розподільник 5/2, пневматичний, з електричним керуванням, моностабільний.

Марка - VUVS-LK20-M52-AD-G18-1C1-S

Виробник - Festo

Кількість - 1

Позиція на схемі - 8.1

В якості інформаційного пристрою обираємо ємнісний датчик

Марка - CSB A41A5-01G-6-L

Виробник - НПК «Теко»

Кількість - 1

Позиція на схемі – 8.2.

І датчик положення циліндру

Марка - PPL-1/8

Виробник - Festo

Кількість - 1

Позиція на схемі – 8.3

Функціональний модуль 9 (ФМ9)

Оскільки операція виконується зворотньо-поступально, то в якості виконавчого пристрою обираємо пневматичний привід - пневмоциліндр.

Марка - DSNU-20-200-PPV-A

Виробник - Festo

Кількість - 1

Позиція на схемі - 9.0

В якості керуючого пристрою обираємо розподільник 5/2, пневматичний, з електричним керуванням, бістабільний.

Марка - VUVS-LK20-B52-D-G18-1C1-S

Виробник - Festo

Кількість - 1

Позиція на схемі - 9.1

В якості інформаційного пристрою обираємо датчик положення циліндру.

Марка - PPL-1/8

Виробник - Festo

Кількість - 1

Позиція на схемі – 9.2, 9.3.

Функціональний модуль 10 (ФМ10)

Оскільки операція виконується зворотньо-поступально, то в якості виконавчого пристрою обираємо пневматичний привід - пневмоциліндр.

Марка - DSNU-20-200-P-A

Виробник - Festo

Кількість - 1

Позиція на схемі - 10.0

В якості керуючого пристрою обираємо розподільник 5/2, пневматичний, з електричним керуванням, бістабільний.

Марка - VUVS-LK20-B52-D-G18-1C1-S

Виробник - Festo

Кількість - 1

Позиція на схемі - 10.1

В якості інформаційного пристрою обираємо ємнісний датчик.

Марка - CSB A41A5-01G-6-L

Виробник - НПК «Теко»

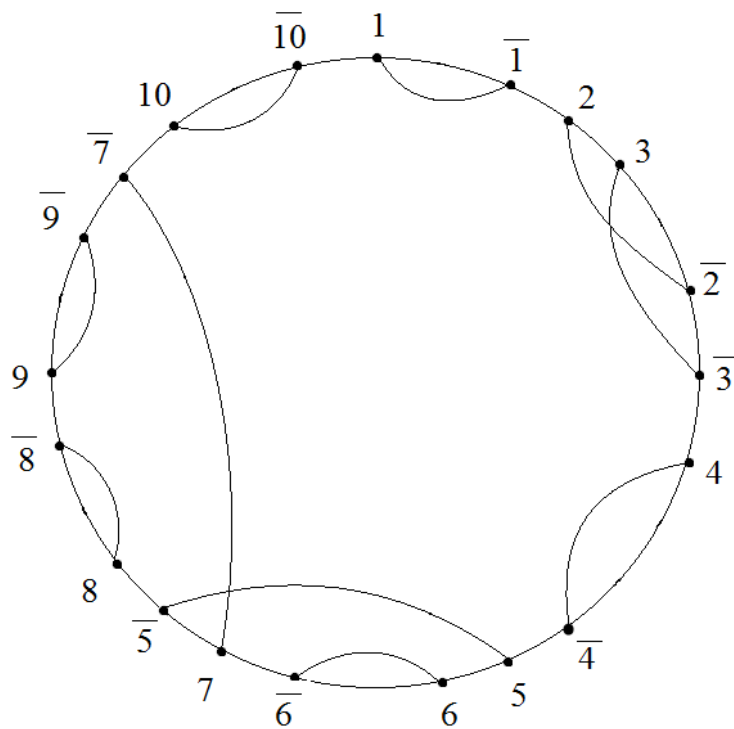
Кількість - 2

Позиція на схемі – 10.2, 10.3.

6.3 Розробка логіки

Мета: в результаті побудови функціонального графу отримати керуючі команди для виконання робочого циклу: 1-N1-2-3-N2-N3-4-N4-5-6-N6-7-N5-8-N8-9-N9-N7-10-N10.

Будуємо функціональний граф для невизначеного циклу (Рис. 3.1), лінії невизначеності (Рис. 3.2), функціональний граф для робочого циклу (Рис.



3.3).

Рисунок 3.1 – Функціональний граф невизначеного циклу

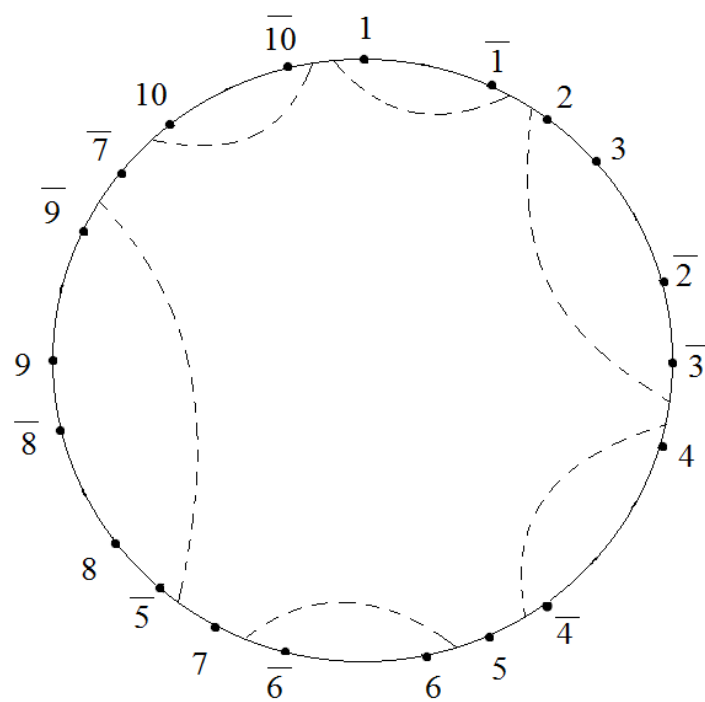


Рисунок 3.2 – Лінії невизначеності

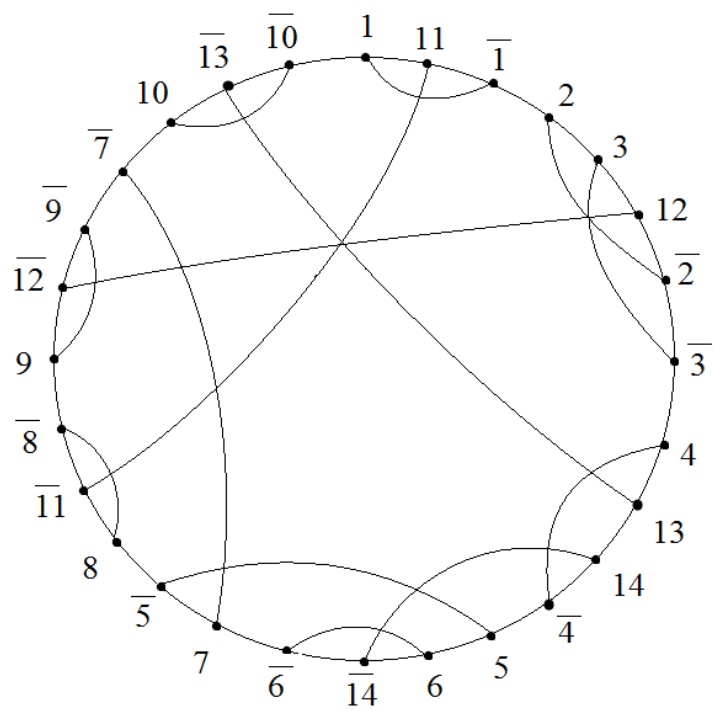


Рисунок 3.3 - Функціональний граф визначеного циклу

Бістабільні керуючі команди

$$Y1 = XN10 * XN13 * XN11$$

$$YN1 = X11$$

$$Y2 = XN1 * X11 * XN12$$

$$YN2 = X12$$

$$Y3 = X2$$

$$YN3 = XN2$$

$$Y4 = XN3 * X12 * XN13$$

$$YN4 = X13 * X14$$

$$Y5 = XN4 * X13 * X11 * XN7$$

$$YN5 = X7$$

$$Y6 = X5 * X14$$

$$YN6 = XN14$$

$$Y7 = XN6 * XN14 * X5$$

$$YN7 = XN9 * XN12$$

$$Y8 = XN5 * X7 * X11$$

$$YN8 = XN11$$

$$Y9 = XN8 * XN11 * X12$$

$$YN9 = XN12$$

$$Y10 = XN7 * XN12 * X13$$

$$YN10 = XN13$$

$$Y11 = X1$$

$$YN11 = X8$$

$$Y12 = X3$$

$$YN12 = X9$$

$$Y13 = X4$$

$$YN13 = X10$$

$$Y14 = X13 * X4$$

$$YN14 = X6$$

Моностабільні керуючі команди

$$Y1 = XN10 * XN11 * XN13$$

$$Y2 = XN1 * X11 * XN12$$

$$Y3 = X2 + X3 * XN2$$

$$Y4 = XN3 * X12 * XN13$$

$$Y5 = XN4 * X14 + X5 * XN7$$

$$Y6 = X5 * X14$$

$$Y7 = XN6 * XN14 * X5 + X7 * X12 + XN9$$

$$Y8 = XN5 * X7 * X11$$

$$Y9 = XN8 * XN11 * X7 * X12$$

$$X10 = XN7 * XN12 * X13$$

$$Y11 = X1$$

$$YN11 = X8$$

$$Y12 = X3$$

$$YN12 = X9$$

$$Y13 = X4$$

$$YN13 = X10$$

$$Y14 = X4$$

$$YN14 = X6$$

За завданням (5 керуючих команд – бістабільні,
5 керуючих команд– моностабільні)

$$Y1=XN10*XN11*XN13$$

$$Y2=XN1*X11*XN12$$

$$Y3=X2$$

$$YN3=XN2$$

$$Y4=XN3*X12*XN13$$

$$Y5=XN4*X13*X11*XN7$$

$$YN5=X7$$

$$Y6=X5*X14$$

$$Y7=XN6*XN14*X5$$

$$YN7=XN9*XN12$$

$$Y8=XN5*X7*X11$$

$$Y9=XN8*N11*X12$$

$$YN9=XN12$$

$$Y10=XN7*XN12*X13$$

$$YN10=XN13$$

$$Y11=X1$$

$$YN11=X8$$

$$Y12=X3$$

$$YN12=X9$$

$$Y13=X4$$

$$YN13=X10$$

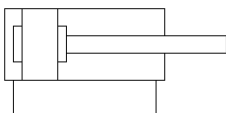
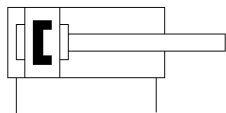
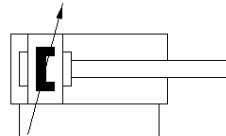
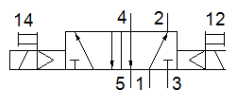
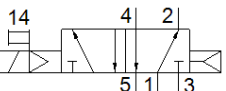
$$Y14=X13*X4$$


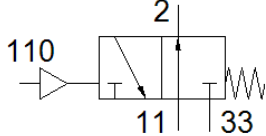
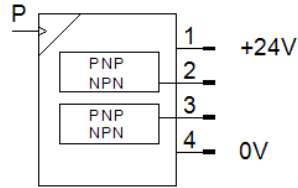
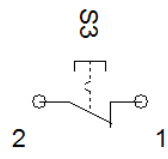
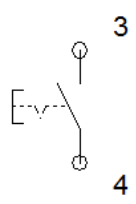
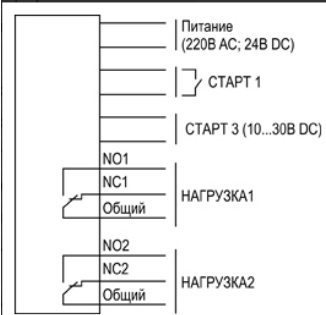
$$YN14$$

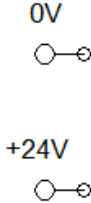
6.4 Таблиця використаного обладнання

В результаті виконання комплексної роботи побудовано таблицю, до якої занесено дані про обладнання, що використовувалось (Табл. 4.1) для розробки автоматичної системи формування упаковки з чотирма швами з рулонного термозварного матеріалу горизонтальним способом.

Таблиця 4.1

№	Назва	Умовне позначення	Марка	Виробник	Кількість
1	Пневмоциліндр		DSN-20-200-P	Festo	8
2	Пневмоциліндр		DSNU-20-200-P-A	Festo	1
3	Пневмоциліндр		DSNU-20-200-PPV-A	Festo	1
4	Бістабільний розподільник		VUVS-LK20-B52-D-G18-1C1-S	Festo	7
5	Моностабільний розподільник		VUVS-LK20-M52-AD-G18-1C1-S	Festo	3

6	Ємнісний датчик		CSB A41A5-01G-6-L	НПК «Теко»	8
7	Датчик положення циліндру		PPL-1/8	Festo	9
8	Датчик тиску		SPAN-B2R-Q4-PN-PN-L1	Festo	1
9	Кнопка аварійної зупинки		8LM2TB6544 G	СВ Альтера	1
10	Кнопка тривалого циклу		8LM2TQ203	СВ Альтера	1
11	Реле		PB2M-24	НПК «Теко»	20

12	Блок живлення		SPD24601	СВ Альтера	1
----	---------------	---	----------	---------------	---

6.5 Висновки

Під час виконання розрахункової роботи з дисципліни «Мікропроцесорна техніка та керування» було виконано опис, перелік операцій та робочий цикл екструзійної машини для виготовлення полімерних матеріалів.

Було розглянуто функціональні модулі, побудовано графи згідно робочого циклу та додано елементи пам'яті для ліквідації логічних невизначеностей.

Також за допомогою системи FluidSIM побудовано відповідну схему робочого циклу однієї з машин технологічної лінії пакування цементу у паперові мішки з модернізацією транспортера.

В системі AutoCAD було виконано креслення схеми робочого циклу.

Література

1. Янков В. И., Боярченко В. И., Крылов А. Л. и др. Изотермическое обобщенное куэттовское течение неньютоновской жидкости в медленно сходящемся канале в условиях сложного сдвига.// Инженерно-физический журнал. 1975. Т. 28. № 3. С. 403 – 409
2. Течение расплава полимера в шнековой машине с учетом влияния боковых стенок канала/Первадчук В. П., Янков В. И., Труфанова И. М. и др. — в кн.: Создание и исследование оборудования для производства синтетических волокон. Калинин: ВНИИСВ, 1981, с. 40 – 47.
3. Войтушенко П.А. Исследование течения расплава полимера в винтовых каналах двухчервячного экструдера. – Химическое машиностроение: Респ. межвед. научн.-техн. сб., 1986, вып. 43, с.7-11. Київ: Техніка.
4. Басов Н.И., Казанков Ю.Ю., Любартович В.А. Расчёт и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов. – М.: Химия, 1986. – 486 с.
5. Бернхардт Э. Переработка термопластичных материалов. - М.: Госхимиздат, 1968.- 748 с.
6. Розенплентер О. Е., Панішева Т. В. Методичні вказівки з економіки виробництва. – К.: НТУУ “КПІ”, 2000.
7. Виноградов Г.В., Малкин Р.Я. Реология полимеров. - М.: Химия, 1977.-440 с.
8. Гуль В.Е , Акутин М.С. Основы переработки пластмасс. - М.: Химия, 1985.- 401 с.
9. Козулин Н.А., Шапиро А.Я., Гавурина Р.К. Оборудование для производства и переработки пластических масс. - Л.: Госхимиздат, 1963.- 783 с.
- 10.Рябинин Д.Д., Лукач Ю.Е. Смесительные машины для пластмасс и резиновых смесей. - М.: Машиностроение, 1972.- 272 с.
- 11.Лукач Ю.Е., Петухов АД., Сенатос В.А. Оборудование для производства полимерных пленок.- М.: Машиностроение, 1981.- 221 с.
- 12.Мак Колей Д.М. Переработка полимеров.- М.'Химия,1965.-442 с.
- 13.Шенкель Г. Шнековые прессы для пластмасс 1962р.
14. Н. Potente. Auslegen von Schmelzeextrudern fmr Kunststoffschmelzen mit Potenzgesetzverhalten. Kunststoffe. 1981. 71. № 8. s. 474 – 478
- 15.Патент Ua1737 Олексієвець В. Ф.Двойнос Я. Г. Екструзійна головка 2007р.
16. Патент Ua 1737 Мікульонок І.О. Новік І.О. Шнек 2006 р.
17. Патент Ua 115094 К.К. Ниннон Сей косе Екструзійна головка 2003 р.

ЗМІСТ

1	Параметричні розрахунки.....	
1.1.	Розрахунок продуктивності.....	
1.2.	Продуктивність машини по зоні дозування з розрахунком впливу головки.....	
1.3.	Розрахунок потужності приводу черв'ячного пресу.....	
2	Розрахунок елементів екструдера на міцність.....	
2.1	Розрахунок черв'яка на міцність.....	
2.2	Розрахунок елементів головки на міцність.....	
3	Розрахунок на міцність гільзи.....	
	Висновок.....	

					<i>ЛУ71Мп.075161.005-90ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Екструзійна машина з модернізацією екструзійної головки		
Розроб.	Чайка А.Р.						
Перевір.	Борщик О.С.						
Н. Контр.							
Затв.	Гондляр О.В.						
					Літ.	Арк.	Аркушів
						1	
					КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ		

1 ПАРАМЕТРИЧНІ РОЗРАХУНКИ

1.1. Розрахунок продуктивності

Діаметр стержня черв'яка в зоні дозування

$$d_d = D - 2 \cdot h_d = 90 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 5,3 \cdot 10^{-3} = 11,44 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Кути нахилу гвинтових ліній поверхні витків черв'яка

а) на периферії:

$$\alpha_1 = \arctg \frac{H}{\pi \cdot D} = \arctg \frac{90 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 90 \cdot 10^{-3}} = 17^{\circ} 39'$$

б) біля стержня черв'яка в зоні дозування:

$$\alpha_2 = \arctg \frac{H}{\pi \cdot d_d} = \arctg \frac{90 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 11,44 \cdot 10^{-3}} = 0,348 = 19^{\circ} 12'.$$

Коефіцієнти осьового переміщення розплаву в зоні дозування:

а) на периферії черв'яка

$$\eta_1 = \cos^2 \alpha_1 = \cos^2 17^{\circ} 37' = 0,9585^2 = 0,9091$$

б) біля осердя черв'яка

$$\eta_2 = \cos^2 \alpha_2 = \cos^2 19^{\circ} 12' = 0,9444^2 = 0,8918$$

Максимальний коефіцієнт осьового переміщення розплаву в зоні дозування при $P_r=0$:

$$\eta_{d,max} = \frac{\eta_1}{4 - \eta_2} + \frac{\eta_2}{4} = \frac{0,9091}{4 - 0,8918} + \frac{0,8918}{4} = 0,5154$$

Максимальна продуктивність черв'ячного преса в зоні дозування при відсутності протитиску ($P_r=0$) і коефіцієнті наповнення $\psi=1$.

$$Q_{d,max} = \pi \cdot (D^2 - d_d^2) \cdot (H - e) \cdot \eta_{d,max} \cdot n \cdot \psi \cdot \gamma / 4 = 3,14 \cdot (90 \cdot 10^{-3} - 11,44 \cdot 10^{-3}) \cdot x$$

$$x(90 \cdot 10^{-3} - 10 \cdot 10^{-3}) \cdot 0,515 \cdot 2,166 \cdot 1 \cdot 780 \cdot 3600 / 4 = 470 \text{ кг / год}$$

Максимальні градієнти швидкості зсуву розплаву між стержнем і внутрішньою поверхнею циліндра при максимальному тиску P_{\max} , створеним черв'яком, тобто при $Q=0$:

а) на початку і в кінці зони дозування

$$g_{\partial.\max} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{h_{\partial}} = \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 10^{-3} \cdot 2,166}{5,3 \cdot 10^{-3}} = 160 \text{сек}^{-1}$$

б) на початку зони розплаву

$$g_{p.\max} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{h_p} = \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 10^{-3} \cdot 2,166}{9,4 \cdot 10^{-3}} = 90 \text{сек}^{-1}$$

Максимальне напруження зсуву розплаву, в залежності від градієнтів:

а) в зоні розплаву:

при $T_p=120^0\text{C}$ і $\dot{\gamma}_{p.\max}=90 \text{сек}^{-1}$ $\tau_{p.\max}=1,8 \text{кг/см}^2=0,18 \text{МПа}$

б) на початку зони дозування:

при $T_{д.н.}=154^0\text{C}$ і $\dot{\gamma}_{д.н.\max}=160 \text{сек}^{-1}$ $\tau_{д.н.\max}=0,15 \text{МПа}$

в) в кінці зони дозування:

при $T_{д.к.}=220^0\text{C}$ і $\dot{\gamma}_{д.к.\max}=160 \text{сек}^{-1}$ $\tau_{д.к.\max}=0,076 \text{МПа}$.

Максимальний тиск, створений витками черв'яка, в зоні розплаву при $P_r=P_{\max}$, тобто при $Q=0$.

$$P_{\max} = \frac{\pi \cdot D}{2} \cdot \left[\frac{(\tau_{\partial.\kappa.\max} + \tau_{\partial.\text{н.}\max}) \cdot z_{\partial}}{h_{\partial}} + \left(\frac{\tau_{\partial.\text{н.}\max}}{h_{\partial}} + \frac{\tau_{p.\max}}{h_p} \right) \cdot (Z_p - Z_{\partial}) \right] =$$

$$= \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot \left[\frac{(0,076 + 0,15)}{5,3 \cdot 10^{-3}} \cdot 10 + \left(\frac{0,15}{5,8 \cdot 10^{-3}} + \frac{0,18}{9,4 \cdot 10^{-3}} \right) \cdot 5 \right] = 130 \text{ МПа}$$

Продуктивність черв'ячного преса при заданому протитиску $P_r = 43,6$ МПа:

$$Q = Q_{\text{д.мах}} \cdot (1 - P_r / P_{\text{мах}}) = 1,674 \cdot 10^{-4} \cdot (1 - 43,6 / 130) = \\ = 1,113 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с} = 350 \text{ кг/год}$$

1.2 Продуктивність машини по зоні дозування з розрахунком впливу головки.

Робота процесу черв'ячної машини в цілому залежить не тільки від геометричних розмірів черв'яка і процесів, що протікають у його каналах, але також від геометрії, конфігурації головки черв'ячної машини, і її профілюючих елементів.

Об'ємна продуктивність потоку в'язких рідин через головку на передній частині черв'ячної машини прямо пропорційна падінню тиску ΔP і обернено пропорційна в'язкості маси μ :

$$Q = K \times \frac{\Delta P}{\mu}$$

Також рівняння продуктивності можна представити у вигляді рівняння:

$$Q = \frac{\alpha \cdot K}{K + \beta + \gamma} \cdot n, \quad (1.19)$$

де K — коефіцієнт пропорційності, що залежить від геометрії головки - коефіцієнт геометричної форми головки;

n — число оборотів черв'яка в хвилину;

α — постійна прямого потоку для черв'яка з перемінною глибиною гвинтового каналу:

$$\alpha = \frac{\pi^3 \cdot (t - \lambda \cdot e) \cdot \sigma}{a + t^2 \cdot b}, \quad (1.20)$$

β -постійна оберненого потоку для черв'яка з перемінною глибиною гвинтового каналу:

$$\beta = \frac{\pi \cdot t - (t - \lambda \cdot e)}{12 \cdot L_n \cdot (a + t^2 \cdot b)}, \quad (1.21)$$

γ -постійна потоку перетоку для черв'яка з перемінною глибиною гвинтового каналу:

$$\gamma = \frac{\pi \cdot D \cdot \delta^3 \cdot t^2}{10 \cdot e \cdot L_n \cdot \sqrt{\pi^2 \cdot D^2 + t^2}}, \quad (1.22)$$

де σ - коефіцієнт що залежить від геометричних розмірів черв'яка:

$$\sigma = 1 - \frac{6.9 \cdot D}{2 \cdot (h_n - h_2)} \cdot \lg \frac{h_n}{h_2} + \frac{D^2}{2 \cdot h_n \cdot h_2}, \quad (1.23)$$

a -коефіцієнт, що розраховується по формулі:

$$a = \frac{\pi^2}{h_n \cdot h_2} \cdot \left(\frac{D \cdot (h_n + h_2)}{2 \cdot h_n \cdot h_2} - 1 \right), \quad (1.24)$$

b - коефіцієнт, що розраховується по формулі:

$$b = \frac{2.3}{(h_n - h_2) \cdot D^3} \cdot \lg \frac{h_n \cdot (D + d_2)}{h_2 \cdot (D + d_1)} + \frac{2 \cdot h_n \cdot h_2 + (h_n - h_2) \cdot D}{2 \cdot D^2 \cdot h_n^2 \cdot h_2^2}, \quad (1.25)$$

де h_1 -глибина гвинтового каналу в зоні завантаження,

h_n - глибина гвинтового каналу на початку зони дозування,

h_2 - глибина гвинтового каналу на кінці черв'яка,

L_n - довжина зони дозування,

D -зовнішній діаметр черв'яка,

d_1 -діаметр сердечника в зоні дозування,

d_2 - діаметр сердечника на кінці черв'яка,

e - ширина гребеня витка черв'яка,

δ - зазор між черв'яком і гільзою,

Підставивши у вище наведені рівняння значення величин, обчислимо

значення продуктивності черв'ячної машини по зоні дозування з урахуванням впливу головки:

$$a = \frac{3.14^2}{1.35 \cdot 0.54} \cdot \left(\frac{9 \cdot (1.35 + 0.54)}{2 \cdot 1.35 \cdot 0.54} - 1 \right) = 156.7,$$

$$b = \frac{2.3}{(1.35 - 0.54) \cdot 9^3} \cdot \lg \frac{1.35 \cdot (9 + 3.91)}{0.54 \cdot (9 + 7.91)} + \frac{2 \cdot 1.35 \cdot 0.54 + (1.35 - 0.54) \cdot 9}{2 \cdot 9^2 \cdot 1.35^2 \cdot 0.54^2} = 1.84,$$

$$\sigma = 1 - \frac{6.9 \cdot 9}{2 \cdot (1.35 - 0.54)} \cdot \lg \frac{1.35}{0.54} + \frac{9^2}{2 \cdot 1.35 \cdot 0.54} = 89.68$$

$$\alpha = \frac{3.14^3 \cdot (9 - 1 \cdot 0.9) \cdot 89.68}{156.7 + 9^2 \cdot 1.84} = 292.55 \text{ см}^3,$$

$$\beta = \frac{3.14 \cdot 9 - (9 - 1 \cdot 0.9)}{12.45 \cdot (156.7 + 9^2 \cdot 1.84)} = 1.22 \cdot 10^{-4} \text{ см}^3,$$

$$\gamma = \frac{3.14 \cdot 9 \cdot 0.027^3 \cdot 9^2}{10 \cdot 0.9 \cdot 45 \cdot \sqrt{3.14^2 \cdot 9^2 + 0.9^2}} = 3.9 \cdot 10^{-6} \text{ см}^3,$$

$$Q = \frac{292.55 \cdot 0.09}{0.09 + 1.22 \cdot 10^{-4} + 3.9 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{120}{60} = 58.42 \text{ см}^3 / \text{сек},$$

При питомій вазі гуми $\gamma = 0.74 \text{ кг/дм}^3$ при температурі 190°C продуктивність черв'ячної машини складає: $Q = 300 \text{ кг/год}$

1.3 Розрахунок потужності приводу черв'ячного пресу.

Потужність, що витрачається черв'ячною машиною для переробки пластичних мас, йде на переміщення матеріалу в гвинтовому каналі черв'яка і на зсув матеріалу в зазорі між гребенем і внутрішньою стінкою циліндра або гільзи.

Потужність черв'ячної машини:

$$N = \frac{N_1 + N_2}{\eta}, \quad (1.29)$$

де N_1 -потужність що витрачається на примусове проходження маси по гвинтовому каналу черв'яка:

$$N_1 = \frac{\pi^3 \cdot (t-e) \cdot L \cdot J \cdot \mu_{\text{эф}} \cdot n^2}{t} + \frac{a_2 \cdot \Delta P \cdot n}{1}, \quad (1.30)$$

N_2 -потужність, що витрачається на зріз матеріалу у зазорі між вершиною витка і стінкою циліндра:

$$N_2 = \frac{\pi^3 \cdot D^3 \cdot e \cdot L \cdot \mu_{\text{эф}} \cdot n}{\delta \cdot t}, \quad (1.31)$$

η -коефіцієнт корисної дії і неврахованих втрат рівний 0.5

де J -коефіцієнт, що визначається по формулі:

$$J = \frac{\pi^2 \cdot D^2 - 4 \cdot t^2}{\pi^2} + \frac{(D-d_2)-(D+d_1)}{3 \cdot (d_2-d_1)} + \frac{2.3 \cdot \pi^2 \cdot D^5}{(t + \pi^2 \cdot D^2) \cdot (h_n - h_k)} \cdot \lg \frac{h_n}{h_k}, \quad (1.32)$$

де t -крок гвинтової нарізки черв'яка,

D -зовнішній діаметр черв'яка,

ΔP - перепад тиску в головці,

d_1 -діаметр черв'яка в зоні дозування,

d_2 -діаметр сердечника на кінці черв'яка,

α_2 -постійна прямого потоку,

h_n - глибина нарізки на початку зони дозування,

h_k - глибина нарізки на кінці черв'яка,

L -довжина зони дозування, e - ширина гребеня витка черв'яка,

δ - радіальний зазор,

$$J = \frac{3.14^2 \cdot 9^2 - 4 \cdot 9^2}{3.14^2} + \frac{(9-7,91) \cdot (9+7,68)}{3 \cdot (7,91-7,68)} + \frac{2.3 \cdot 3.14^2 \cdot 9^5}{(9+3.14^2 \cdot 9^2) \cdot (1,35-0,54)} \cdot \lg \frac{1,35}{0,54} = 108,35.$$

Швидкість зсуву в гвинтовій нарізці черв'яка для визначення ефективної динамічної в'язкості можна визначити по формулі:

$$S = \frac{\pi^2 \cdot D^2 \cdot n}{\delta \cdot \sqrt{\pi^2 \cdot D^2 + t^2}} = \frac{3.14 \cdot 9^2 \cdot 90}{0.027 \cdot \sqrt{3.14^2 \cdot 9^2 + 9^2}} = 25,62 \text{сек}^{-1}, \quad (1.33)$$

Ефективна в'язкість при температурі розплаву 190°C і швидкості зсуву 25,62сек⁻¹,

$$\mu_{\text{эф}} = 650 \text{Па} \cdot \text{с},$$

$$N_2 = \frac{10^{-4} \cdot 3.14^3 \cdot 6.3^3 \cdot 0.63 \cdot 25.2 \cdot 650 \cdot 10^{-3} \cdot 90^2 \cdot 10^{-2}}{36 \cdot 0.018 \cdot 6.3} = 20.5 \text{ кВт}.$$

Ефективна динамічна в'язкість визначається з графічної залежності при температурі розплаву 190 °С і швидкості зсуву розплаву, розрахованою за залежністю

$$S = \frac{\pi^2 \cdot (D - h_{cp}) \cdot (D - 2 \cdot h_{cp}) \cdot n}{60 \cdot h_{cp} \cdot \sqrt{\pi^2 \cdot (D - 2 h_{cp})^2 - t^2}},$$

де h_{cp} - середня глибина гвинтового каналу черв'яка:

$$h_{cp} = \frac{h_n + h_k}{2} = \frac{1,35 + 0,54}{2} = 0,95 \text{ см}, \quad (1.35)$$

$$S = \frac{3.14^2 \cdot (9 - 0,95) \cdot (9 - 2 \cdot 0,95) \cdot 120}{0,95 \cdot \sqrt{3.14^2 \cdot (9 - 2 \cdot 0,95)^2 - 9^2}} = 58,16 \text{ сек}^{-1},$$

Ефективна в'язкість при температурі розплаву 190°С і швидкості зсуву 58,16с⁻¹,

$$\mu_{эф}=630 \text{ Па}\cdot\text{с},$$

$$N_1 = \frac{3.14^3 \cdot (9 - 0,9) \cdot 45 \cdot 108,35 \cdot 630 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-4}}{36 \cdot 9} \cdot 120^2 + \\ + \frac{292,55 \cdot 51,83 \cdot 120 \cdot 10^{-3}}{6} = 32 \text{ кВт},$$

Загальна потужність буде дорівнює:

$$N = N_1 + N_2 = 32 + 20,5 = 52,5 \text{ кВт}, \quad (1.36)$$

З огляду на ККД машини, потужність споживана нею буде складати:

$$N = \frac{N}{\eta} = \frac{52,5}{0,5} = 105 \text{ кВт} \quad (1.37)$$

2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ЕКСТРУДЕРА НА МІЦНІСТЬ

Прийняті позначення приведені в таблиці 4.1

Таблиця 4.1

Позначення	Параметри
P_n	Номінальна потужність електродвигуна, кВт
n	Частота обертання черв'яка, s^{-1}
η_p	ККД редуктора
P	Максимальний тиск розплаву, МПа
D	Зовнішній діаметр черв'яка, м
d_0	Діаметр отвору в черв'яку для введення хладагента, м
d_3	Діаметр стержня черв'яка в зоні завантаження, м
h_3	Висота витка черв'яка в зоні завантаження, м
d_i	Діаметри сполучених деталей, м
w_i	момент опору, m^3
$\mu_{кр}$	Момент , що крутить , на черв'яку, Н*м
h	Коефіцієнт запасу міцності по межі текучості
σ	розрахункова межа міцності, МПа
$\sigma_{см}$	напруга на стиск (зм'яття), МПа
σ_T, τ_T	межі текучості матеріалу, елементу черв'ячного пресу, що розраховується на міцність МПа
F_i	Площа небезпечного поперечного перетину, m^2
$\tau_{кр}$	Дотична напруга в небезпечному поперечному перетині, МПа
$[\sigma]$	Крайня напруга, МПа
t	Час експлуатації, ч

η	Поправочний коефіцієнт, що враховує умови експлуатації
E	Модуль пружності, МПа
μ	Коефіцієнт Пуасона
C_1	Збільшення товщини стінки на корозію, мм
S	Товщина стінки корпусу, мм
Y	Коефіцієнт міцності зварних з'єднань

2.1 Розрахунок черв'яка на міцність.

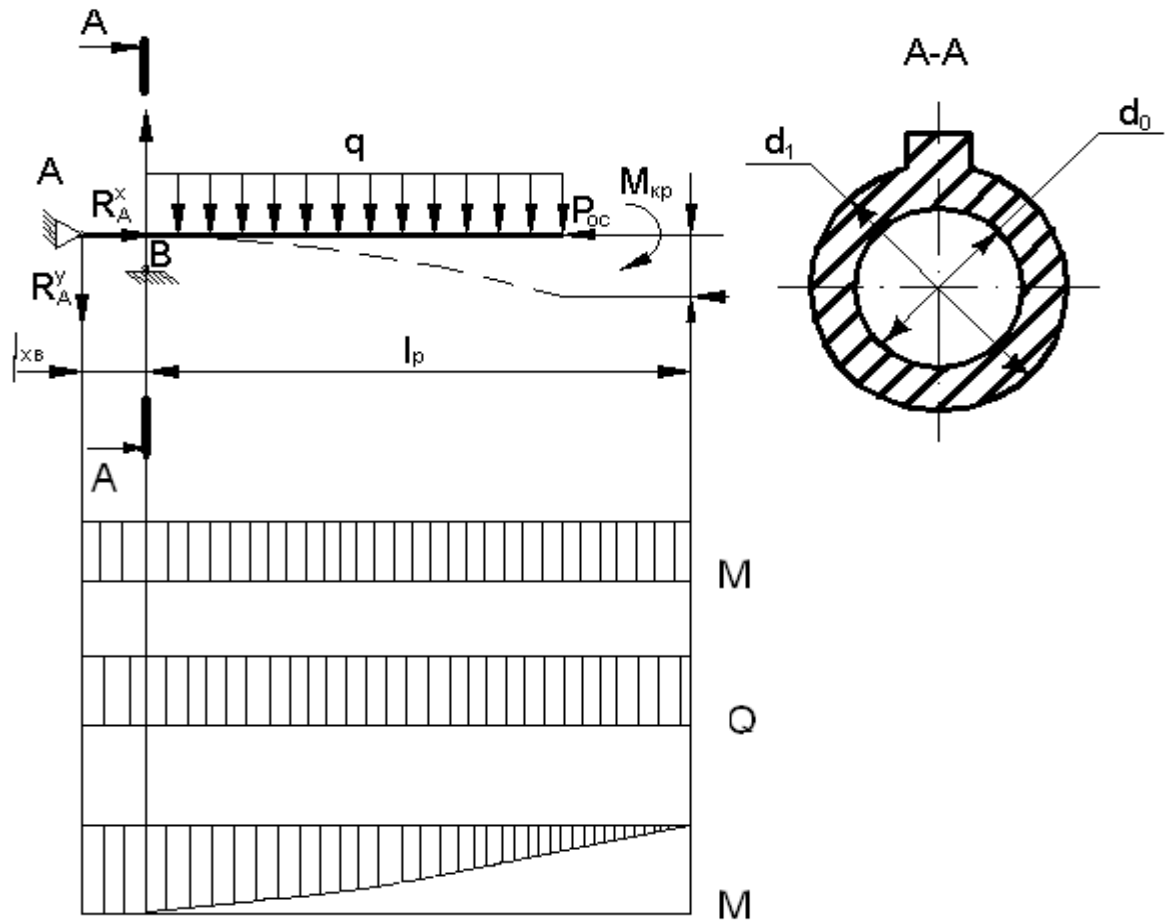


Рис. 4.1 Розрахункова схема черв'яка

Вихідні дані [6]:

$P=50$ МПа;

$D=0,09$ м;

$h_3=0,011$ м;

$d_0=0,028$ м.

Характеристика шліцевого евольвентного зачеплення черв'яка:

Число шліців $z=24$;

Висота поверхні контакту шліців $h=0,0035$ м;

Довжина поверхні контакту шліців $l=0,09$ м;

Середній радіус поверхні контакту шліців:

$$r_{cp} = m \cdot z / 2$$

$$r_{cp} = 0,0035 \cdot 24 / 2 = 0,042 \text{ (м)}$$

Коефіцієнт, що враховує нерівномірність напруг на зминання, що виникають у шліцьовому з'єднанні, приймається рівним у межах від 0,7 до 0,8.

Матеріал черв'яка - сталь 40ХН2МА, для якого границі текучості рівні:

$$\sigma_T = 750 \text{ МПа,}$$

$$\tau_T = 0,6\sigma_T, \tau_T = 450 \text{ МПа.}$$

Умовна крайня напруга на зм'яття $[\sigma]_{cm} = 110 \text{ МПа}$.

Діаметр стержня черв'яка в небезпечному поперечному перетині, м:

$$d_3 = D - \Sigma h_3$$

$$d_3 = 0,09 - 2 \cdot 0,011 = 0,068$$

Площа поперечного перетину черв'яка з витками, м²:

$$F_q = (\pi \cdot D) / 4$$

$$F_q = (3,14 \cdot 0,09) / 4 = 6,36 \cdot 10^{-3}$$

Площа сердечника черв'яка в небезпечному поперечному перетині, м³:

$$F_3 = \frac{\pi (d_3^2 - d_0^2)}{4}$$
$$F_3 = \frac{3,14 (0,068^2 - 0,01^2)}{4} = 3,42 \cdot 10^{-3}$$

Момент опору сердечника черв'яка в небезпечному поперечному перетині, м:

$$W_3 = (\pi / 16) \cdot d_3^3 \cdot \left[1 - \left(\frac{d_0}{d_3} \right)^4 \right]$$

$$W_3 = (3,14 / 16) \cdot 0,068^3 \cdot \left[1 - \left(\frac{0,028}{0,068} \right)^4 \right] = 61,1 \cdot 10^{-6}$$

Момент, що крутить, на черв'яку, Н*м

$$\mu_{кр} = 975 \frac{N_n \cdot \eta}{n}$$

$$\mu_{кр} = 975 \frac{70 \cdot 0,9}{90} = 11400$$

Дотична напруга в небезпечному поперечному перетині сердечника черв'яка, МПа:

$$\tau_{кр} = \frac{\mu_{кр}}{W_3}$$

$$\tau_{кр} = \frac{11400}{61,1 \cdot 10^{-6}} = 186$$

Розрахункова границя міцності в небезпечному поперечному перетині сердечника черв'яка, МПа:

$$\sigma = \frac{P \cdot F_q}{F_3}$$

$$\sigma = \frac{50 \cdot 6,36 \cdot 10^{-3}}{3,42 \cdot 10^{-3}} = 93$$

Запаси міцності:

$$n_\tau = \tau_T / \tau_{кр}; n_\tau = 450 / 186 = 2,42$$

$$n_\sigma = \sigma_T / \sigma_{кр}; n_\sigma = 750 / 93 = 8,06$$

$$n_T = \frac{n_{T\sigma} \cdot n_{T\tau}}{\sqrt{n_{T\tau}^2 + n_{T\sigma}^2}}$$

$$n_T = \frac{2,42 \cdot 8,06}{\sqrt{2,42^2 + 8,06^2}} = 2,31$$

Умова міцності дотримана.

Перевіримо шліцьове з'єднання черв'яка на зм'яття.

Напруга на зм'яття, МПа:

$$\sigma = \frac{\mu_{кр}}{z \cdot h \cdot l \cdot r_{cp} \cdot \varphi}$$

$$\sigma = \frac{11400}{24 \cdot 0,0035 \cdot 0,09 \cdot 0,042 \cdot 0,7} = 52$$

Умова міцності дотримана. σ $[\sigma]_{см}=110$ МПа.

2.2 Розрахунок елементів головки на міцність.

Задача розрахунку - розрахунок на міцність наступних навантажених елементів: шпильок, що кріплять головку до розподільника розплаву; гвинтів, що кріплять фільтрну плиту до головки.

Прийняті позначення основних параметрів і коефіцієнтів, а також їхні значення наведені в табл. 4.2 [8]

Таблиця 4.2

Позначення	Параметри	Значення
P_{Γ}	максимальний гідравлічний опір головки, МПа	4,6
$P_{сеч}$	тиск, що діє в що розраховується перетині,	

T_i	сумарна сила, що діє на окремі поверхні каналу, Н	
T_b	осьова номінальна сила, що діє на один кріпильний елемент, Н	
$T_{p.b}$	розрахункова осьова сила, що припадає на один кріпильний елемент, що враховує податливість ь болта і стику, момент сили затягування і коефіцієнт запасу на нерозкриття стику, Н	
σ_T	границя текучості матеріалу, із якого виготовлений що розраховується на тривкість елемент,	220
σ_p	розрахункова напруга розриву в елементі, що розраховується,	
n_1	коефіцієнт запасу міцності.	
F_b	площа поперечного перетину кріпильного елемента, m^2	$F_{b1}=3,174 \times 10^{-4}$ $F_{b2}=1,41 \times 10^{-4}$
χ	коефіцієнт, що залежить від	0,2

	співвідношення податливостей кріпильних елементів і елементів стику, для з'єднання металевих деталей без прокладок, $\chi=0,2-0,3$	
K_1	коефіцієнт затягування, при постійній зовнішній силі до $=1,3-1,5$	1,3
Z_6	кількість кріпильних елементів, шт. (Z_{61} - шпильки M24, Z_{62} - гвинти M16)	$Z_{61}=6$ $Z_{62}=18$
D_v	внутрішній діаметр перехідного чопа в місці з'єднання головки розподільником розплаву з урахуванням можливого розуцільнювання стику, м	0,07
H_ϕ	висота каналу філь'єри в місці приєднання до корпусу голівки з урахуванням можливого розуцільнювання стику, м	0,05
B_ϕ	ширина каналу філь'єри в місці приєднання до корпусу голівки з урахуванням можливого розуцільнювання, м	0,58

Матеріал шпильок – сталь 20

Виконуємо розрахунок на міцність шпильок, що кріплять головку до розподільника розплаву.

Силу, що відриває головку від розподільника розплаву розраховуємо по фор-мулі:

$$T = \Delta P_{\Gamma} \frac{\pi}{4} D_{\epsilon}^2 = 4,6 \cdot 10^6 \frac{3,14}{4} 0,07^2 = 17702 \text{ Н}$$

Сила, що діє на одну шпильку:

$$T_{\delta} = \frac{T}{Z_{\delta 1}} = \frac{17702}{6} = 2950$$

Розрахункова сила, що приходить на одну шпильку:

$$T_{p\delta} = [1,3 \kappa 1(1-\chi)] T_{\delta} = [1,3 \cdot 1,3(1-0,2)] 2950 = 4573 \text{ Н}$$

Напруга розтягу, що утворюється у шпильці:

$$\sigma_p = \frac{T_{p\delta}}{F_{\delta 1}} = \frac{4573}{3,174 \cdot 10^{-4}} = 14,4 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт запасу міцності по границі текучості:

$$n_1 = \sigma / \sigma_p = 220 / 14,4 = 15,2$$

Виконуємо розрахунок на міцність гвинтів, що кріплять фільтрну плиту до корпусу головки.

Силу, що відриває фільтрну плиту від корпусу головки розраховуємо по формулі:

$$T = \sum_{i=1}^6 \Delta P (B_{\phi} \cdot H_{\phi}) = 3,4 \cdot 10^6 \cdot 0,58 \cdot 0,05 = 98600 \text{ Н}$$

Сила, що діє на один гвинт:

$$T_{\delta} = \frac{T}{Z_{\delta 2}} = \frac{98600}{18} = 5478 \text{ Н}$$

Розрахункова сила, що приходить на один гвинт:

$$T_{p\delta} = [1,3 \cdot k_1(1-\chi)] T_{\delta} = [1,3 \cdot 1,3(1-0,2)] 5478 = 8490 \text{ Н}$$

Напруга розтягу, що утворюється у гвинті:

$$\sigma_p = \frac{T_{p\delta}}{F_{\delta 2}} = \frac{8490}{1,41 \cdot 10^{-4}} = 60,2 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт запасу міцності по границі текучості:

$$n_1 = \sigma_T / \sigma_p = 400 / 60,2 = 6,6$$

Міцність елементів головки забезпечується.

3 Розрахунок на міцність гільзи

Розрахунок на міцність гільзи виконано з використанням ППП "ВЕСНА".

Вихідні дані:

внутрішній тиск $p = 50$ МПа;

осьове навантаження $F_o = 156$ кН;

матеріал циліндра – Сталь 40Х;

внутрішній діаметр $d = 90$ мм;

зовнішній діаметр $D = 110$ мм.

Розрахункова схема приведена на рис. 2.1.

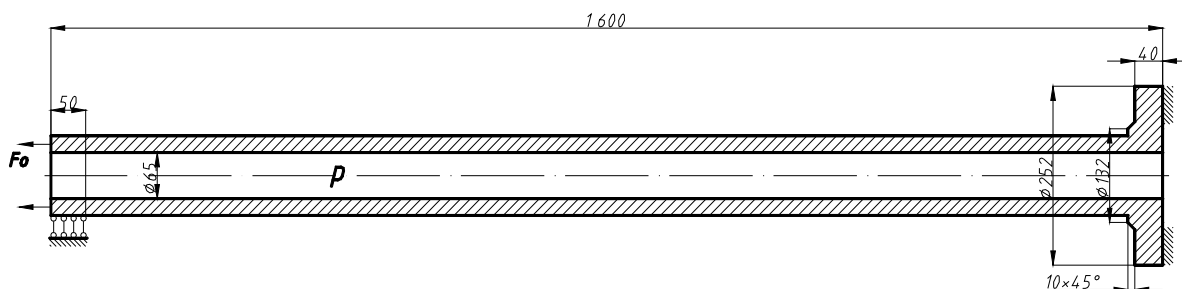


Рис. 7.1. Розрахункова схема матеріального циліндра

Система "ВЕСНА" використовує для виконання розрахунків метод скінчених елементів. Поздовжній перетин даної конструкції розбивається на окремі фрагменти, що являють собою 4 замкнені лінії та мають можливість топографічного відображення на прямокутник



Рис. 7.2. Розбивка деталі на фрагменти

Дана деталь є вісесиметричною, але поставлена задача є тривимірною, оскільки під час розрахунку враховується дія сили тяжіння від власної ваги матеріального циліндра. Система "ВЕСНА" дозволяє автоматично задавати цей силовий фактор, вказуючи лише вісь, вздовж якої діє сила тяжіння.

Розрахункова схема деталі із заданими навантаженнями та закріпленнями представлена на рис. 3.2

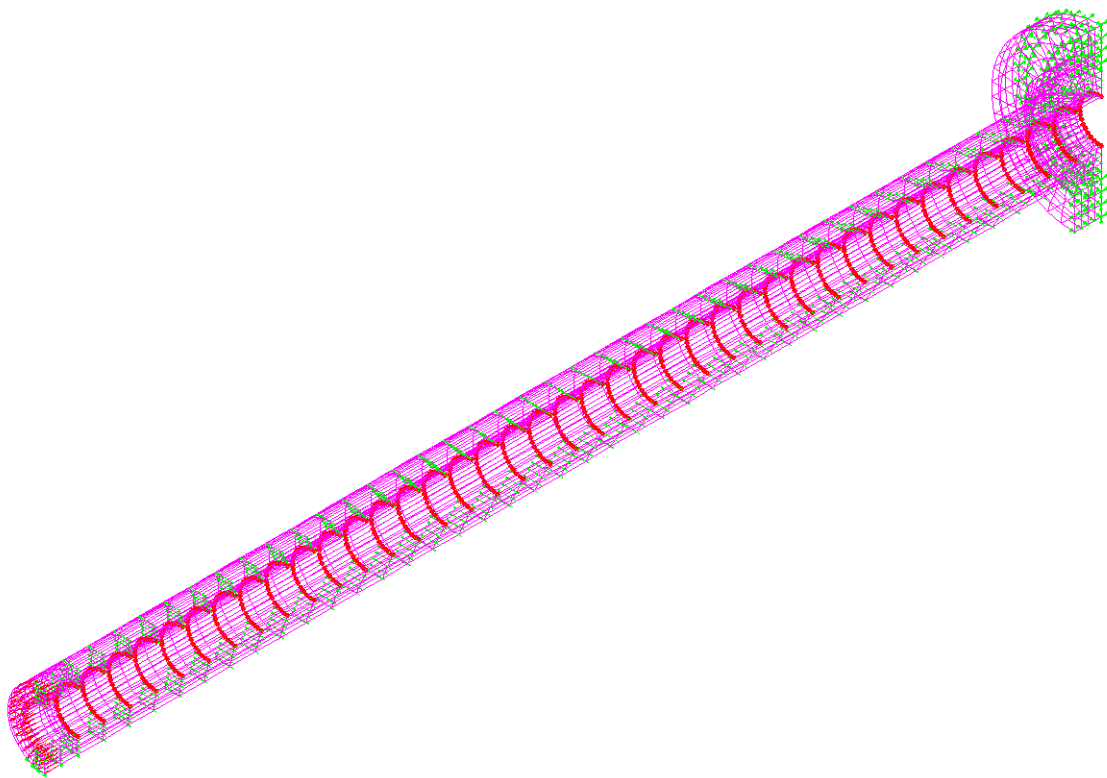


Рис. 7.3. Розрахункова схема деталі із заданими навантаженнями та закріпленнями

В результаті проведеного розрахунку отримана схема деформованої деталі, яка представлена на рис. 7.4.

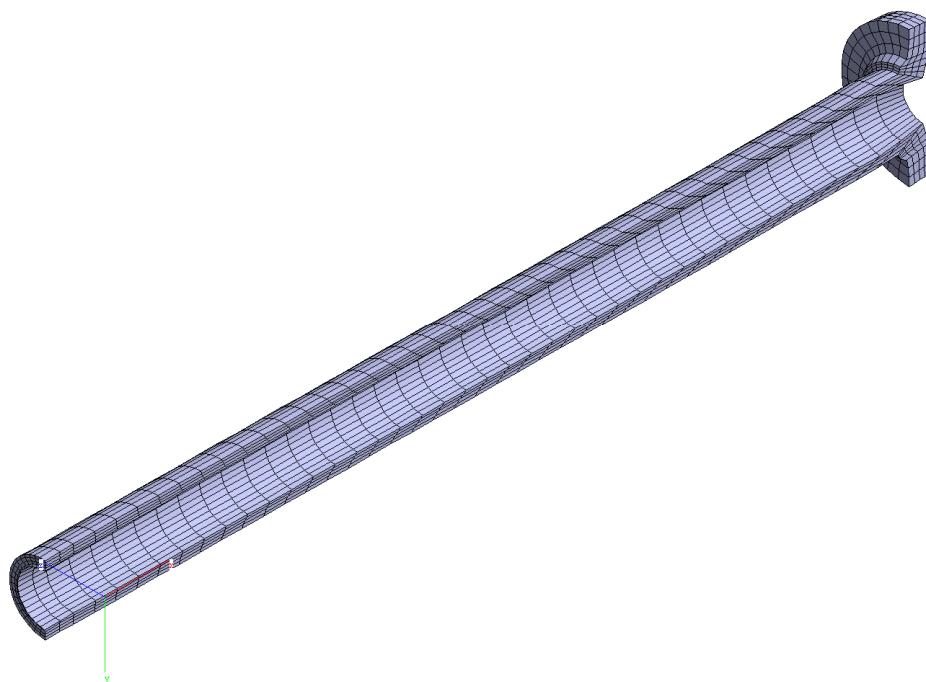


Рис. 7.4. Схема деформованої деталі
(коєф. збільшення величини деформацій $k_d=100$)

На рисунках 7.5 – 7.7 представлені схеми розподілу розрахованих головних напружень. Результати представлено у МПа.

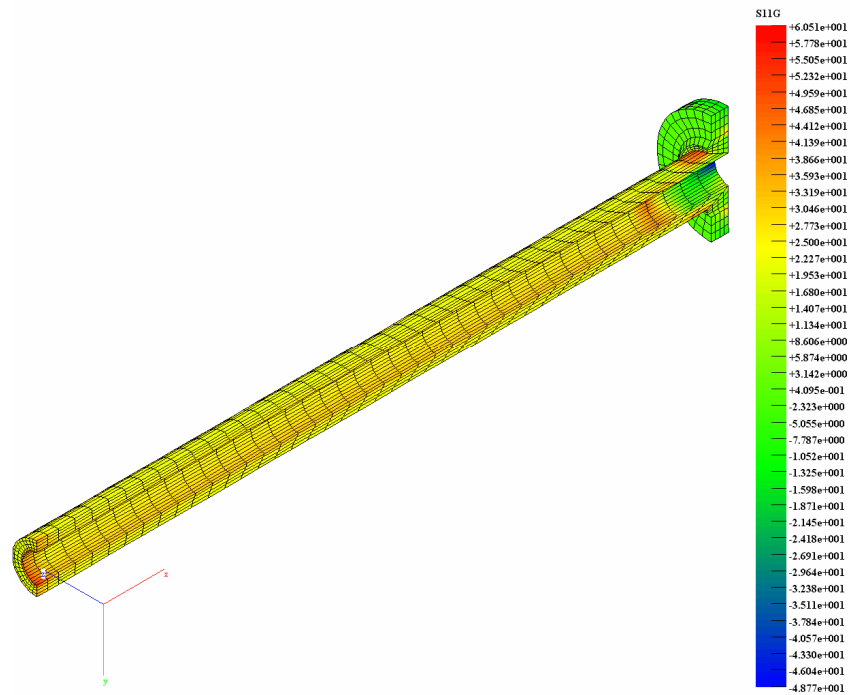


Рис. 7.5. Схема розподілу головних напружень σ_{11} , МПа

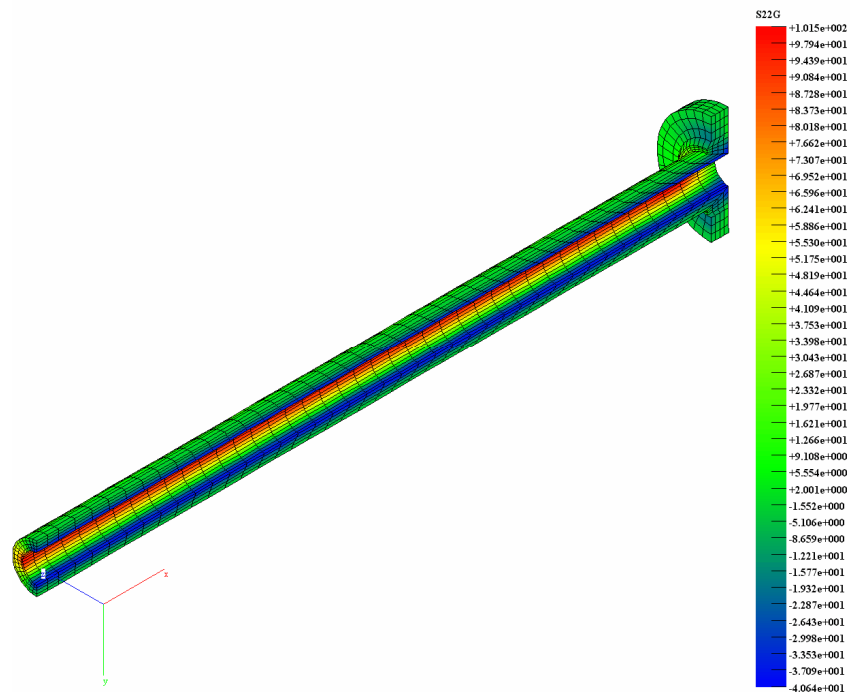


Рис. 7.6. Схема розподілу головних напружень σ_{22} , МПа

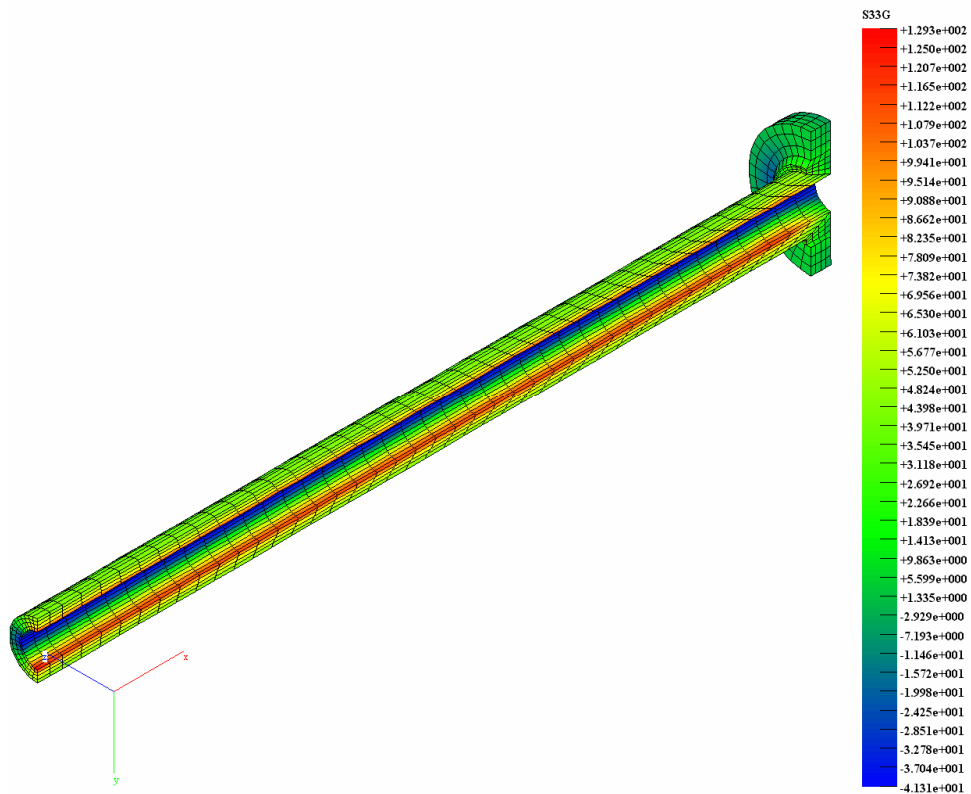


Рис. 7.7. Схема розподілу головних напружень σ_{33} , МПа

Максимальні головні напруження у небезпечному перерізі становлять:

$$\sigma_{11} = 60 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{22} = -40 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{33} = 129 \text{ МПа};$$

Графік переміщень в радіальному напрямі вузлів деталі, що розташовані вздовж осі гільзи, приведено на рис. 3.8.

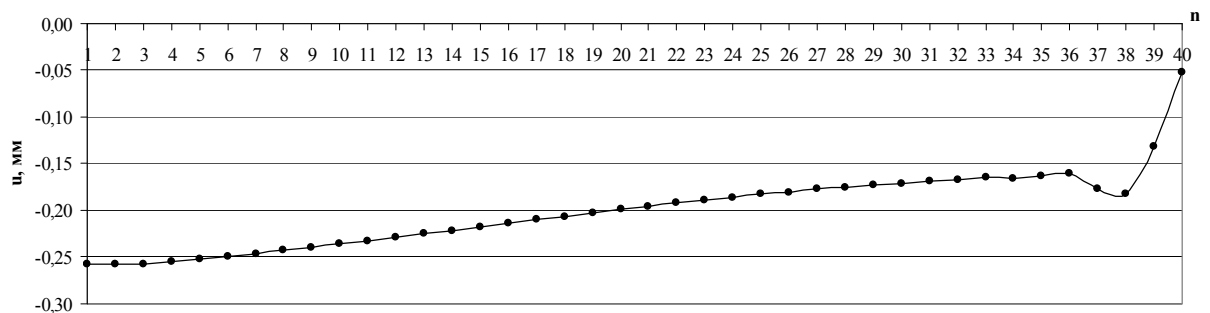


Рис. 7.8. Графік переміщень в радіальному напрямі вузлів деталі, що розташовані вздовж осі гільзи

Максимальне еквівалентне напруження за IV теорією міцності:

$$\begin{aligned}\sigma_{\Sigma} &= \sqrt{\sigma_{11}^2 + \sigma_{22}^2 + \sigma_{33}^2 - \sigma_{11}\sigma_{22} - \sigma_{11}\sigma_{33} - \sigma_{22}\sigma_{33}} \leq [\sigma] = \\ &= \sqrt{60^2 + (-40)^2 + 129^2 - 60 \cdot (-40) - 60 \cdot 129 - (-40) \cdot 129} = \\ &= 147 \text{ МПа} \leq [\sigma] = 250 \text{ МПа}\end{aligned}$$

Напруження і деформації згідно результатам розрахунку лежать у допустимих межах. Умови міцності та жорсткості виконуються.

Висновки

Параметричні, та розрахунки на міцність підтверджують працездатність її використання. Машина повністю задовольняє поставленій вимозі щодо продуктивності і забезпечує оптимальну екструзію.